

**ANALISA PEMASANGAN *STATIC SYNCHRONOUS SERIES  
COMPENSATOR* UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER  
SIMULATION* PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 kV  
G.I SAMBUTAN KALIMANTAN TIMUR**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh :**

**Adi Pranata  
NIM. 03.12.002**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2011**

---

## LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA PEMASANGAN *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR*  
UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA  
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV G.I SAMBUTAN  
KALIMANTAN TIMUR**

## SKRIPSI

*Disusun Dan Diajukan Untuk Melengkapi Tugas Dan Memenuhi Syarat Untuk  
Mencapai Gelar Sarjana Teknik Strata Satu*

**Disusun oleh :  
Adi Pranata  
NIM : 03.12.002**



**Mengetahui,  
Program Studi Teknik Elektro S-1**

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP.Y. 101.8800.189**



**Diperiksa dan Disetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**Ir. H. Choirul Saleh, MT  
NIP.Y. 101.8800.190**

**Dosen Pembimbing II**

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP.Y. 101.8800.189**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2011**



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigara-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

---

**BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**


Nama Mahasiswa : Adi Pranata  
NIM : 03.12.002  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik S-1  
Judul Skripsi : Analisa pemasangan *static synchronous series compensator* untuk memperbaiki profil tegangan menggunakan *software pscad/emtdc power simulation* pada saluran distribusi 20 kV G.I sambutan kalimantan timur

Dipertahankan dihadapan tim penguji skripsi jenjang Strata Satu (S-1) pada:


Hari : Sabtu  
Tanggal : 20 Agustus 2011  
Dengan Nilai : 79,1(B-) *2*

**Panitia Ujian Skripsi,**

**Ketua Majelis Penguji**

  
**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
NIP. Y. 108800189

**Sekretaris Majelis**

  
**Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST, MT**  
NIP. Y. 1030800417

**Anggota Penguji,**

**PENGUJI I**

  
**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
NIP. Y. 1018700151

**PENGUJI II**

  
**Awan Uji Krismanto, ST, MT**  
NIP. 19800301200511002

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*In The Name of Father, and The Son, and The Holy Spirit. AMIEN*

*Percayalah Kepada Tuhan Selama lamanya, Sebab Tuhan ALLAH Adalah  
Gunung Batu Yang Kekal*

*Hasil karya ini kupersembahkan untuk*

*Kedua OrangTuaku yang Mendambakan Anak-Anaknya Sukses dalam Hidupnya....  
Te rutama Almarhum Ayah Yang Tidak Sempat Melihat Saya Lulus, Maaf telah membuat Ayah  
Terlalu lama menunggu dan juga Untuk Ibu yang selalu sabar mendidik anak-anaknya sampai  
sekarang...*

*Ketiga Saudaraku vivi, Elfri, dan Ayi yang selalu menjadi pemberi semangat.....*

*Thanks juga buat semua Dosen Teknik Energi Listrik, Crew LAB. Analisa Sistem  
Tenaga Listrik yang telah banyak membantu dalam menyusun skripsi ini*

*Teman seperjuangan  
Erwin ... Cepetan lulus, Jangan Lupakan kost astri kita dahulu,  
walaupun sekarang cuma sisa reruntuhan!!!  
YERO...Serius kerjain skripsinya....  
DANIEL... Jangan Rambut Tok Yang Dipanjangin,  
"kapan lagi kita Foto-Foto?"  
dan semua teman Listrik Lulusan Agustus 2011  
Keep on Moving Friend.....*

*Buat Semua "inspirator" dalam Kuliah D3-SI.....Thanks a lot untuk  
kebersamaannya and spriritnya My Room, My Computer, and all of  
my friends*

## ABSTRAKSI

### ANALISA PEMASANGAN *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR* UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 kV G.I SAMBUTAN KALIMANTAN TIMUR

Adi Pranata, NIM : 03.12.002

Dosen Pembimbing : Ir. H. Choirul Saleh, MT dan Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
Jurusan Teknik Elektro S-1, Konsentrasi Teknik Energi Listrik  
Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang  
E-mail: [chokv4uguvs@yahoo.co.id](mailto:chokv4uguvs@yahoo.co.id)

Sebagian besar pasokan listrik sekarang saling berhubungan secara luas, melibatkan koneksi dalam wilayah utilitas sendiri yang mencakup interkoneksi antar-utilitas dan kemudian untuk antar daerah dan hubungan internal. Hal ini dilakukan karena alasan ekonomi, untuk mengurangi biaya listrik, dan untuk meningkatkan keandalan pasokan listrik. Namun, seiring bertambahnya transfer daya, sistem daya juga menjadi lebih kompleks untuk di operasikan yang menyebabkan sistem dapat menjadi kurang aman.

Pada penelitian ini penulis membahas peforma *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR* (SSSC). Dengan adanya jatuh tegangan berupa *voltage sags* yang terjadi pada saluran distribusi, *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR* (SSSC) digunakan bertujuan untuk mereduksi *voltage sags* sehingga pengiriman tegangan dari penyedia kepada konsumen sesuai dengan yang diharapkan.

Dari hasil simulasi menggunakan software PSCAD pada PT. PLN (PERSERO) Sistem Mahakam G.I Sambutan kalimantan timur penyulang kledang dengan kompensasi SSSC, Data diambil nilai referensi dari 20 trafo yang terjauh dari sumber. Perbandingan nilai tegangan sebelum dan setelah kompensasi saat gangguan *voltage sag* adalah 0.8575 pu menjadi 1.0075 pu.

**Kata kunci:** Sistem distribusi, kualitas daya, *voltage sags*, SSSC.

## KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan karunia-NYA kami dapat menyelesaikan Penyusunan Skripsi ini yang merupakan syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro Konsentrasi Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak luput dari bantuan beberapa pihak yang terus memberi masukan dan dukungan. Pada kesempatan kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada

1. Bapak Ir. Soeparno Djiwo, MT, selaku Rektor ITN Malang
2. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, selaku Ketua Jurusan Elektro.
3. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT Selaku Dosen Pembimbing I
4. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT, Selaku Dosen Pembimbing 2
5. Kedua Orang Tua untuk doa dan dukungannya selama ini
6. Seluruh Dosen Elektro Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang
7. Semua pihak yang telah mendukung skripsi ini.

Menyadari akan banyaknya kekurangan yang ada dalam penyusunan laporan maka kami menganggap bahwa laporan ini belumlah sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran sangat membantu guna mendapatkan hasil yang lebih baik.

Malang, Agustus 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAKSI.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GRAFIK.....</b>	<b>ix</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	 <b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Metodologi .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	4
 <b>BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK.....</b>	 <b>5</b>
2.1. Sistem Tenaga Listrik .....	5
2.2. Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	6
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	6
2.3.1. Struktur Jaringan Primer .....	6
2.3.2. Sistem Distribusi Sekunder .....	7
2.3.2.1. Struktur Jaringan Radial .....	7
2.3.2.2. Struktur Jaringan Loop (Lingkaran) .....	7
2.3.2.3. Struktur Jaringan Grid atau Mesh (Anyaman) .....	8
2.4. Konsep Daya Arus Bolak-Balik .....	8
2.4.1. Daya Aktif dan Faktor Daya .....	9
2.4.2. Perbaikan Faktor Daya dan Kenaikan Kapasitas .....	10
2.4.3. Kompensasi Reaktif Saluran Distribusi .....	12
2.5. Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik .....	15
2.5.1. Voltage Sag .....	15
2.5.2. Perhitungan Nilai <i>Voltage Sag</i> .....	16
2.6. Batas Tegangan .....	17
2.7. Inverter .....	18
2.7.1. Definisi Inverter .....	18
2.7.2. Inverter 3 Fasa .....	18
2.7.3. Kontrol Tegangan Dari Inverter .....	19
2.7.4. Kontrol Gate Inverter Satu Fasa .....	19
2.7.5. Kontrol Gate Inverter 3 Fasa .....	21
2.7.6. Sinusoidal PWM .....	21
2.8. Peralatan Elektronika Daya .....	22
2.8.1. Transistor Bipolar .....	22
2.8.2. Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET) .....	22
2.8.3. Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) .....	22
2.8.4. Perbandingan Umum Antara Kinerja MOSFET dan IGBT .....	23



2.9. Peralatan Kompensasi dalam Sistem Tenaga Listrik .....	26
<b>BAB III PRINSIP KERJA DAN PEMODELAN SSSC.....</b>	<b>28</b>
3.1. Prinsip Kerja.....	28
3.2. Pemodelan SSSC Menggunakan Software <i>PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION</i> .....	31
3.2.1. Memulai <i>PSCAD/EMTDC Power Simulation</i> . ....	32
3.3. Inverter .....	34
3.4. Sistem Kontrol SSSC .....	35
3.4.1. Regulator Arus dan Tegangan .....	36
3.5. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap SSSC.....	37
3.6. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI) Pada SSSC .....	37
3.7. Kompensasi SSSC Pada Sistem Distribusi 20 kV .....	38
3.7.1. Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi SSSC .....	38
3.7.2. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi SSSC . ....	38
3.8. Flowchart . ....	40
3.8.1. <i>Flowchart</i> Simulasi Sistem SSSC .....	40
3.8.2. <i>Flowchart</i> Desain Kontrol SSSC .....	41
<b>BAB IV SIMULASI DAN ANALISA HASIL.....</b>	<b>42</b>
4.1. <i>Single Line</i> Sistem Distribusi 20 kV .....	42
4.2. Data Sistem Distribusi pada G.I Sambutan.....	43
4.2.1. Data Saluran G.I Sambutan.....	43
4.2.2. Data Pembebanan.....	44
4.2.3. Data Aliran Daya .....	45
4.3. Solusi Perbaikan Kualitas Tegangan Dengan <i>Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation</i> .....	47
4.4. Hasil dan Analisa Hasil Perbaikan Kualitas Daya Dengan Menggunakan SSSC .....	48
4.4.1. Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Pemasangan SSSC.....	48
4.4.2. Sistem setelah mengalami gangguan <i>Voltage sags</i> selama (500-700 ms) tanpa SSSC .....	49
4.4.2. Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi SSSC . ....	51
4.4.3. Perbandingan hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum dan Sesudah Kompensasi Menggunakan SSSC .....	53
4.5. Perhitungan Optimasi Kualitas Tegangan .....	54
<b>BAB IV PENUTUP.....</b>	<b>58</b>
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran.....	58
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>59</b>
<b>LAMPIRAN</b>	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Penyaluran Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	5
Gambar 2.2	Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan .....	6
Gambar 2.3	Bentuk Sederhana Dari Sistem Distribusi Radial .....	7
Gambar 2.4	Jaringan Tegangan Menengah Struktur Loop yang dipasok dari satu sumber .....	7
Gambar 2.5	Jaringan Tegangan Menengah Struktur Mesh .....	8
Gambar 2.6	Segitiga Daya .....	9
Gambar 2.7	Perbaikan faktor daya .....	11
Gambar 2.8	(a) Rangkaian Ekuivalen dari Saluran, Diagram Vector pada Rangkaian pada Factor Daya Lagging tanpa Kapasitor <i>Shunt</i> .....	13
Gambar 2.8	(b) Rangkaian Ekuivalen dari Saluran, Diagram Vector pada Rangkaian pada Factor Daya Lagging dengan Kapasitor <i>Shunt</i> .....	13
Gambar 2.9	(a) Rangkaian Ekuivalen dari saluran .....	14
Gambar 2.9	(b) dan diagram fasor setelah dikompensasi seri .....	14
Gambar 2.10	Gambaran Terjadinya <i>Voltage Sag</i> .....	16
Gambar 2.11	Model Pembagi Tegangan <i>Voltage Sag</i> .....	16
Gambar 2.12	Inverter 3 Fase Tiga Lengan .....	19
Gambar 2.13	Single PWM .....	20
Gambar 2.14	Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) .....	21
Gambar 2.15	Jatuh Tegangan pada kondisi Menyambung Untuk Sebuah MOSFET dan dua IGBT .....	26
Gambar 3.1	(a) Diagram sederhana SSSC .....	29
Gambar 3.1.	(b) Model Jaringan Distribusi k - m Terpasang SSSC .....	29
Gambar 3.2	Diagram operasi SSSC .....	30
Gambar 3.3	Tampilan utama <i>Software PSCAD/EMTDC Power Simulation</i> .....	32
Gambar 3.4	Tampilan <i>Master Library</i> .....	33
Gambar 3.5	Tampilan Modul Utama .....	33
Gambar 3.6	Pemodelan SSSC di PSCAD .....	34
Gambar 3.7	Rangkaian <i>Voltage Source Inverter</i> 3 fasa .....	35
Gambar 3.8	Skema rangkaian kontrol SSSC .....	39
Gambar 3.9	<i>Flowchart</i> Simulasi Sistem dengan SSSC menggunakan <i>PSCAD/EMTDC</i> .....	40
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> desain kontrol dengan SSSC menggunakan <i>PSCAD/EMTDC</i> .....	41
Gambar 4.1	<i>Single Line</i> G.I Sambutan Kalimantan Timur .....	42
Gambar 4.2	<i>Singleline</i> G.I Sambutan Kalimantan Timur dengan SSSC Menggunakan <i>Software PSCAD</i> .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Tiga Piranti Penyalur Daya Untuk Kemampuan Yang Setara.....	23
Tabel 2.2	Perbandingan Karakteristik Piranti Penyalur Daya.....	24
Tabel 2.3	Perbandingan Tegangan Drop dan Rating Tegangan antara IGBT dan MOSFET .....	25
Tabel 2.4	Perbandingan Harga dari Berbagai Kontroler .....	27
Tabel 4.1	Data Saluran Distribusi .....	43
Tabel 4.2	Data Pembebanan.....	44
Tabel 4.3	Data Aliran Daya .....	45
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Saat Terjadi Jatuh Tegangan Tanpa Kompensasi SSSC.....	50
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan Saat Terjadi <i>Jatuh Tegangan</i> Setelah Kompensasi SSSC .....	52
Tabel 4.6	Perbandingan Jatuh Tegangan Tanpa Kompensasi SSSC dan Dengan SSSC .....	53

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1	Bentuk gelombang tegangan tanpa gangguan.....	48
Grafik 4.2	Bentuk gelombang daya aktif dan reaktif tanpa gangguan.....	48
Grafik 4.3	Bentuk gelombang tegangan setelah terjadi gangguan jatuh tegangan.....	49
Grafik 4.4	Bentuk gelombang daya aktif dan daya reaktif, saat terjadi jatuh tegangan .....	49
Grafik 4.5	Bentuk gelombang tegangan saat gangguan jatuh tegangan dengan kompensasi SSSC .....	51
Grafik 4.6	Bentuk gelombang daya aktif dan daya reaktif saat terjadi jatuh tegangan dengan kompensasi SSSC .....	51

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Semakin kompleksnya interkoneksi sistem tenaga listrik, menimbulkan kebutuhan besar untuk meningkatkan pemanfaatan tenaga listrik disamping juga harus tetap mempertahankan keandalan dan keamanannya. Sementara itu aliran daya di beberapa saluran distribusi yang baik bisa berada di bawah batas normal, akibat terjadinya kelebihan beban, yang memiliki efek keseluruhan pada memburuknya profil tegangan dan penurunan stabilitas dan keamanan sistem. Karena itu, menjadi sangat penting untuk mengendalikan aliran daya di sepanjang saluran distribusi untuk memenuhi kebutuhan transfer daya [1].

Kalimantan Timur mempunyai sumber penerangan listrik berasal dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero wilayah Kalimantan Timur dengan sumber tenaga listrik menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Di Kalimantan Timur terdapat beberapa sistem kelistrikan dan yang terbesar adalah sistem Mahakam yang melayani Samarinda, Balikpapan, dan Tenggarong dengan jumlah pelanggan PLN di Kaltim mencapai 430.000 orang meliputi 11 area pelayanan.

Produksi energi listrik optimal yang ada menghasilkan daya 241 MW dengan beban puncak akibat pemakaian oleh semua pelanggan mencapai 245,96 MW.

Secara umum kondisi kelistrikan telah dapat melayani kebutuhan penduduk kota walaupun dengan daya yang masih terbatas, ini disebabkan karena adanya pemeliharaan rutin mesin pembangkit yang masih menggunakan bahan bakar solar. Salah satu cara untuk mengatasi kekurangan daya tersebut didapat lewat sewa mesin pembangkit listrik berbahan bakar minyak kapal (*marine fuel oil*).

Meskipun demikian besarnya daya yang di terima oleh konsumen listrik tidaklah sama, hal ini terjadi karena adanya impedansi jaringan. Berkembangnya perubahan daya dalam sistem secara perlahan-lahan karena meningkatnya beban mengakibatkan kekurangan daya reaktif dan menurunnya tegangan pada sisi terima, Oleh karena itu, gangguan tegangan selalu ada pada setiap bagian dari sistem tenaga listrik, mulai dari sumber sampai ke pelanggan. Adapun tujuan dari pengendalian dan perbaikan tegangan pada sistem adalah agar rugi-rugi daya dan tegangan menjadi lebih ekonomis sampai pada suatu batas tertentu. Skripsi ini menganalisa kualitas tegangan pada saluran

distribusi 20 kV G.I Sambutan Kalimantan Timur penyulang kledang yang ada di (PLN) Persero Kalimantan Timur Sektor Mahakam. Sehingga besarnya tegangan keluaran dari transformator daya dapat dikendalikan dan mampu meningkatkan kualitas tegangan pada ujung terima dan sisi kirim.

Sehubungan dengan itu perlu adanya analisa yang tepat mengenai pengaruh rugi-rugi daya pada tegangan tersebut, walaupun nilainya relatif kecil dan waktunya temporer namun ini mengganggu *kontinuitas* dan mempengaruhi kualitas penyaluran daya ke konsumen. Di sisi sumber sendiri bisa merusak peralatan terutama pada trafo daya. Maka dari itu perlu adanya analisa dan pengontrolan tentang pengaruh gangguan tersebut supaya bisa digunakan sebagai acuan untuk menjaga keandalan panyaluran tenaga listrik di masa mendatang.

Alternatif yang paling efektif dan sering dipakai untuk memperbaiki kondisi tersebut pada jaringan akibat adanya gangguan kualitas tegangan adalah dengan menginjeksikan daya reaktif tambahan atau dengan kata lain memasang kompensator daya tambahan yang dibutuhkan oleh sistem disisi beban. Salah satu alat kompensator FACT yang telah dibuat dan dipakai untuk menghadapi masalah ini adalah kompensator *Static Synchronous Series Compensator (SSSC)*.

SSSC juga dapat mengkompensasi *voltage sag*, ketidak seimbangan tegangan dan gangguan tegangan (*voltage interruption*). Keandalan dari sistem dapat dianalisa memakai simulasi-simulasi *software PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION*. Kelayakan pelaksanaan system ini pada awalnya adalah digunakan yang bersifat percobaan. Namun pada akhirnya kompensator SSSC mempunyai kemampuan untuk memperbaiki kualitas daya antar saluran, hampir pada instalasi disistem distribusi daya dan sistem daya industri pada umumnya.

## 1.2. Rumusan Masalah

Seberapa besar pemasangan SSSC sebagai kontrol tegangan pada saluran distribusi 20 kV dapat meningkatkan performa sistem sehingga dapat menaikkan transfer daya sekaligus meminimalkan rugi-rugi daya serta memperbaiki kualitas tegangan

Dari permasalahan di atas maka makalah ini berjudul:

**ANALISA PEMASANGAN *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR*  
UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA  
SALURAN DISTRIBUSI 20 kV G.I SAMBUTAN  
KALIMANTAN TIMUR**

### **1.3. Tujuan Pembahasan**

Adapun tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah mempelajari peran SSSC dalam memenuhi kebutuhan daya reaktif (  $Q$  ) sehingga diharapkan mampu memperbaiki profil tegangan yang lebih baik diantara 0.95 pu dan 1.05 pu pada saluran distribusi 20 kV menggunakan *software PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION*.

### **1.4. Batasan Masalah**

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

- a. Pehitungan dan simulasi dilakukan dengan Software *PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION*.
- b. Studi dilakukan pada jaringan distribusi 20 kV G.I Sambutan Kalimantan Timur penyulang kledang.
- c. Mekanisme kerja *Static Synchronous Series Compensator* (SSSC) dalam meningkatkan kualitas tegangan.
- d. Tidak membahas masalah harmonisa dan resonansi.

### **1.5. Metodologi penelitian**

Metode yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini antara lain:

1. Mencari topik yang akan dibahas dalam tugas akhir.
  2. Konsultasi dengan pembimbing tugas akhir.
  3. Pemahaman terhadap masalah yang akan dibahas.
  4. Mencari bahan-bahan referensi sebagai sumber literatur.
  5. Melakukan analisa lapangan pada subjek penelitian, sesuai dengan permasalahan yang dibahas.
-

6. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program PSCAD/EMTDC V4.2 *Power Simulation*.
7. Menarik kesimpulan dari perbandingan sistem yang menggunakan alat kompensasi SSSC dan tanpa alat kompensasi SSSC.

Adapun sumber data yang digunakan sebagai bahan untuk menyusun skripsi ini meliputi:

1. Sumber data primer, yaitu sumber data yang berasal dari peninjauan langsung pada objek pengamatan.
2. Sumber data sekunder, yaitu sumber data yang berasal dari buku-buku referensi.
3. Dari *website* internet yang berhubungan dengan masalah yang dibahas.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Penulisan dibagi dalam beberapa bab dan sub bab, adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah:

#### BAB I : PENDAHULUAN

Berisi penguraian tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian dan Sistematika pembahasan yang akan dipaparkan dalam skripsi ini

#### BAB II : SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Pada bab ini diuraikan mengenai teori dasar tentang sistem distribusi secara umum jenis jaringan penyaluran dan kompensator SSSC (*Static Synchronous Series Compensator*).

#### BAB III : PRINSIP KERJA DAN PEMODELAN SSSC

Berisi penguraian tentang Prinsip kerja dan pemodelan SSSC menggunakan software **PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION**.

#### BAB IV : HASIL DAN ANALISA HASIL

Menguraikan tentang hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi.

#### BAB V : PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil simulasi.



## SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung pada jenis konsumen yang membutuhkan. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer
2. Sistem distribusi sekunder

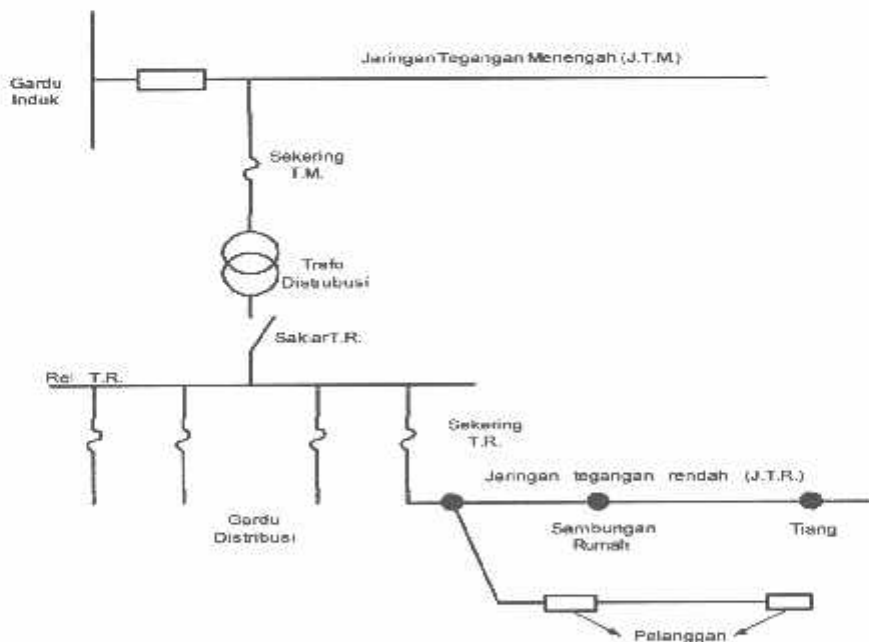
Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.

### 2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Dalam rangka mengantisipasi peningkatan kebutuhan energi listrik pada masa tertentu, maka struktur jaringan harus dipertimbangkan terlebih dahulu sehingga untuk ekspansi sistem di masa yang akan datang tidak menjadi masalah.

#### 2.3.1. Sistem Distribusi Primer

Jaringan Distribusi Primer merupakan sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik antara Gardu Induk Distribusi sampai ke Gardu Distribusi dengan tegangan kerja 20 kV atau 6 kV.



Gambar 2.2 Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan

### 2.3.2. Sistem Distribusi Sekunder

Secara garis besar jaringan distribusi primer diklasifikasikan menjadi :

#### 2.3.2.1. Struktur Jaringan Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari GI ke pusat – pusat beban / konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (tunk line) dan saluran cabang (lateral).

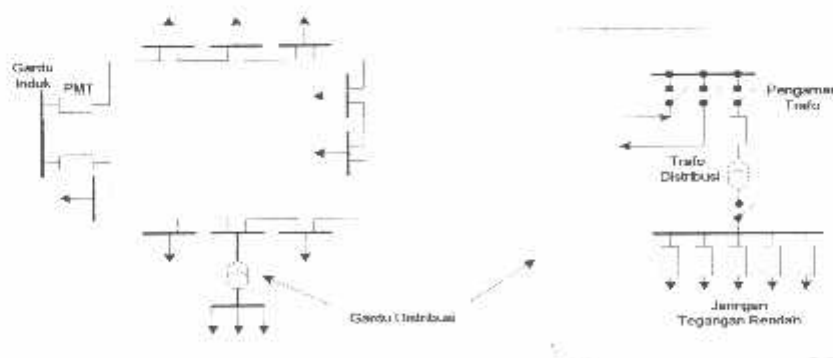


Gambar 2.3. Bentuk Sederhana dari Sistem Distribusi Radial

Pelayanan untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator di sembarang titik pada jaringan sedekat mungkin dengan beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

#### 2.3.2.2. Struktur Jaringan Loop (Lingkaran)

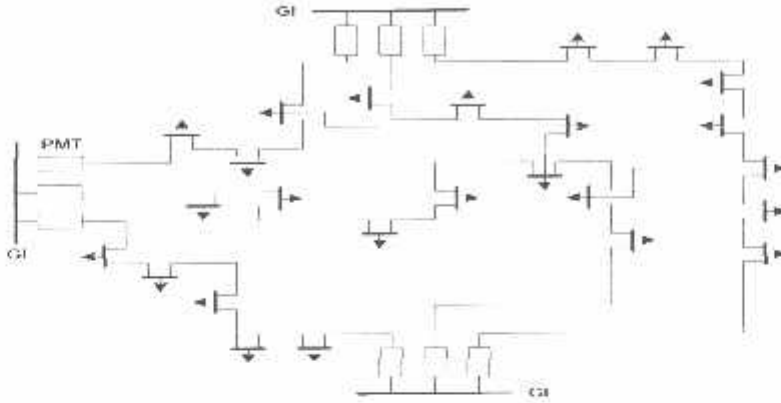
Struktur jaringan loop merupakan gabungan dari dua struktur jaringan radial. Dimana pada ujung kedua jaringan dipasang sebuah pemutus (CB) atau pemisah (DS). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Struktur jaringan loop mempunyai keandalan yang baik, sehingga biaya pembangunannya lebih mahal dibandingkan stuktur jaringan radial.



Gambar 2.4. Jaringan Tegangan Menengah Struktur Loop yang dipasok dari satu sumber.

### 2.3.2.3. Struktur jaringan Grid atau Mesh (Anyaman)

Struktur jaringan ini merupakan kombinasi antara struktur jaringan radial dengan struktur jaringan loop. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif penyulang, sehingga bila salah satu penyulang terganggu maka dengan segera dapat digantikan oleh penyulang yang lain.



Gambar 2.5. Jaringan Tegangan Menengah Struktur Mesh.

## 2.4 Konsep daya Arus bolak-balik

Pada listrik arus bolak-balik merupakan hasil perkalian antara tegangan sesaat dengan arus sesaat. Daya ini merupakan daya sesaat yang besarnya akan berubah sesuai dengan perubahan nilai tegangan dan arus. Secara umum daya sesaat dapat ditulis :

$$P(t) = V(t) \times I(t) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan :

$P(t)$  = Daya Sesaat (Watt)

$V(t)$  = Tegangan Sesaat ( Volt )

$I(t)$  = Arus Sesaat ( Ampere )

Pada listrik bolak-balik (AC) baik yang berasal dari generator maupun transformator akan ditemukan 2 macam beban , yaitu beban resistif dan beban induktif. Pada beban resistif, daya yang dikonsumsi hanya daya aktif, sedangkan pada beban induktif mengkonsumsi daya aktif dan daya reaktif.

Pemakaian daya listrik oleh suatu beban akan bersifat :

- Daya sesaat adalah hasil kali perkalian antara tegangan sesaat yang melintasi beban dengan arus sesaat yang melaluinya.

- Daya aktif adalah daya nyata yang dihasilkan suatu jaringan sistem tenaga listrik, Secara umum daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P= |V||I| \cos \theta \dots\dots\dots (2.2)$$

- Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif dalam satuan VAR atau Kvar(Kilo Volt Ampere Reaktif), Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q= |V||I| \sin \theta \dots\dots\dots (2.3)$$

- Daya semu merupakan penjumlahan secara vektoris antara daya aktif dan daya reaktif yang memiliki satuan (VA). Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S= P +jQ \dots\dots\dots (2.4)$$

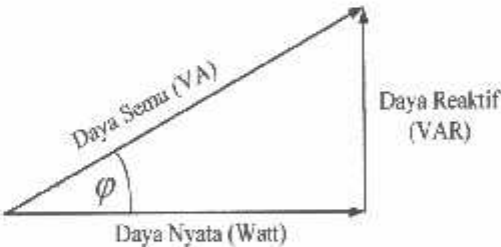
**2.4.1 Daya reaktif dan Faktor Daya**

Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya factor daya yang kemudian memburuknya unjuk kerja peralatan system pada umumnya, baik dari segi teknik operasional maupun segi ekonomi.

Faktor daya adalah pebandingan antara daya nyata dan daya semu.

$$\text{FaktorDaya}=\frac{\text{Daya Nyata (kW)}}{\text{Daya Semu (kVA)}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Daya semu sendiri dibentuk oleh 2 komponen, daya aktif (W) dan daya reaktif (VAR). Hubungan ini dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.6. Segitiga Daya.

- Dimana :
- P = daya aktif (Watt)
  - Q = daya reaktif (VAR)
  - S = daya semu (VA)
  - Ø= sudut fasa

### 2.4.2 Perbaikan factor daya dan kenaikan kapasitas

Kapasitansi suatu saluran merupakan akibat beda potensial antar penghantar ; kapasitansi ini menyebabkan penghantar –penghantar itu bermuatan seperti halnya yang terjadi pada keping-keping suatu kapasitor bila ada beda potensial diantaranya. Kapasitansi antar penghantar adalah muatan persatuan selisih potensial [5]. Biasanya untuk memperbaiki faktor daya digunakan beberapa peralatan seperti :

➤ Generator Sinkron

Untuk membangkitkan daya reaktif adalah dengan mengatur arus penguatannya. Pengiriman daya reaktif ke jala-jala adalah dengan mengatur pada keadaan penguatan lebih. Generator sebagai sumber daya reaktif akan lebih ekonomis ( bekerja optimal ) bila bekerja pada efisiensi tertinggi, yaitu bila generator mengirimkan daya aktif sebesar harga nominalnya, jadi kebutuhan daya reaktif (KVAR) sebaiknya dipenuhi sumber lain.

➤ Kondesator sinkron

Adalah suatu mesin sinkron dengan penguatan DC pada kumparan medan rotornya dan bekerja sebagai motor beban nol. Bila penguatan mesin tersebut “*under excited*” maka mesin tersebut memerlukan daya reaktif ke jala-jala dan jika penguatannya “*over excited*” maka mesin tersebut akan mengirimkan daya reaktif ke jala-jala. Kondesator sinkron tidak memerlukan daya aktif, daya aktif diperlukan hanya untuk mengatasi rugi-rugi beban nol saja yang besarnya antara 1% sampai dengan 4,5% dari rating MVA-nya. Kondesator sinkron digunakan untuk memenuhi daya reaktif yang relative besar ( antara 5 sampai dengan 10 MVAR ) pada jala-jala.

➤ Kapasitor shunt

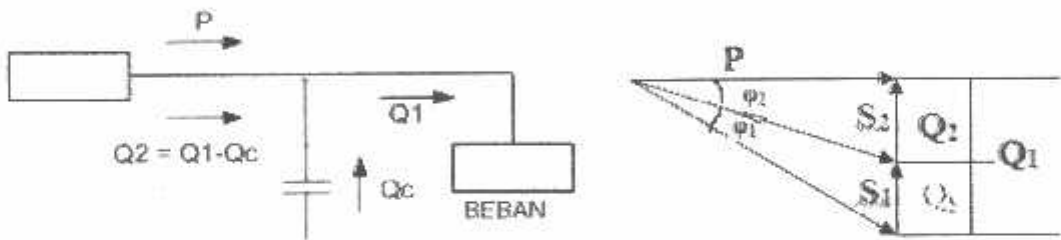
Merupakan komponen pembangkit daya reaktif yang dihubungkan parallel dan secara intensif digunakan pada system jaringan. Kapasitor shunt mencatu daya reaktif atau arus yang memotong komponen arus beban induktif . kapasitor shunt terdiri dari unit-unit standar mulai dari 15 kVAR sampai dengan 25 MVAR. Dengan dipasang kapasitor shunt pada jaringan akan memperbaiki profil tegangan, memperbaiki factor daya dan mengurangi rugi-rugi saluran.

➤ Kapasitor seri

Merupakan kapasitor yang terpasang seri pada jaringan. Prinsip utamanya adalah mengurangi reaktansi ekuivalen saluran ( $X_{sal}$ ) dengan memasukkan reaktansi

kapasitif kapasitor ( mengkompensasi reaktansi induktif ) secara seri pada system transmisi tenaga listrik.

Manfaat terbesar yang diperoleh dari perbaikan faktor daya adalah pengurangan daya reaktif dalam system. Hal ini menghasilkan pengurangan biaya, pemakaian daya yang lebih rendah, kenaikan kapasitas system, perbaikan tegangan, dan pengurangan *losses* dalam system. Satu-satunya jalan untuk memperbaiki faktor daya adalah mengurangi daya reaktif jaringan. Jika komponen reaktif dapat dikurangi, maka total arus akan berkurang, sedangkan komponen daya aktif tidak berubah maka faktor daya akan lebih besar sebagai akibat dari berkurangnya daya reaktif. Faktor daya akan mencapai 100% jika komponen daya reaktif sama dengan nol ( 0 ). Dengan menambahkan kapasitor, daya reaktif Q akan berkurang. Gambar 2.3 menunjukkan perbaikan faktor daya pada sistem, kapasitor mensuplai daya reaktif ke beban.



Gambar 2.7. Perbaikan faktor daya.

Diasumsikan bahwa beban disuplai oleh daya nyata P, daya reaktif Q dan daya semu S, pada faktor daya tertinggal (lagging)  $\cos\phi_1$

$$\cos\phi_1 = \frac{P}{S_1} \dots\dots\dots (2.6)$$

Jika suatu kapasitor dipasang  $Q_c$  VAR dipasang pada sisi beban, faktor daya dapat diperbaiki dari  $\cos\phi_1$  menjadi  $\cos\phi_2$ ,dimana :

$$\begin{aligned} \cos\phi_1 &= \frac{P}{S_1} \\ &= \frac{P}{\sqrt{P^2+Q^2}} \\ &= \frac{P}{\sqrt{P^2+(Q_1-Q_c)^2}} \dots\dots\dots (2.7) \end{aligned}$$



Sehingga daya semu ( $S_1$ ) dan daya reaktif berkurang dari  $S_1$  (VA) ke  $S_2$ (VA) dan  $Q_1$  (VAR) ke  $Q_2$  sehingga kapasitas beban akan meningkat.

Cara menentukan besaran nilai kapasitor pada suatu sistem dengan menggunakan kapasitor shunt adalah

$$C = \frac{1}{2\pi \times (f) \times X_c} \dots\dots\dots (2.8)$$

Sedangkan untuk menghitung nilai  $X_c$  adalah

$$Z_c = X_c = \frac{(kV)^2}{jQ_c} = \dots \Omega \dots\dots\dots (2.9)$$

**2.4.3 Kompensasi reaktif saluran distribusi**

Aliran daya aktif dan daya reaktif pada jaringan distribusi tenaga listrik tidak berkaitan secara langsung satu dengan yang lain karena masing-masing dipengaruhi dan diatur oleh besaran yang berbeda. Pengaturan daya aktif amat erat hubungannya dengan pengaturan frekuensi, dan daya reaktif dapat diatur melalui pengaturan tegangan. Frekuensi dan tegangan adalah besaran yang penting dalam penentuan kualitas catu daya dalam sistem tenaga, sehingga pengaturan daya aktif dan daya reaktif menjadi penting untuk menunjukkan penampilan sistem tenaga listrik. Tegangan dan frekuensi pada setiap titik beban diharapkan konstan dan bebas dari harmonik serta besar faktor daya satu. Kemampuan sistem tenaga untuk mendekati kondisi ideal di atas merupakan ukuran kualitas suatu pengiriman daya.

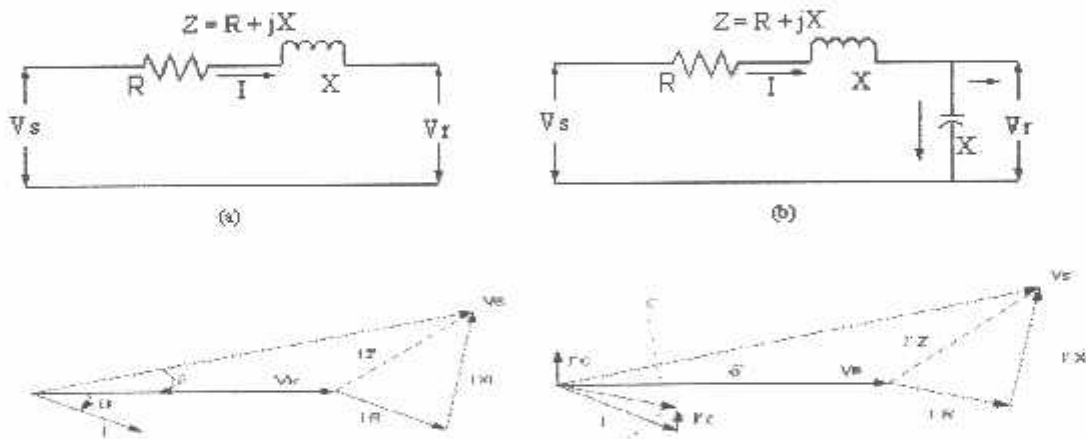
Agar efisiensi dan kemampuan operasi sistem tenaga meningkat, pengaturan tegangan dan daya reaktif harus memenuhi sasaran sebagai berikut :

- Tegangan yang dipakai pada terminal-terminal peralatan dalam sistem tersebut harus dalam batas yang diijinkan. Jika menggunakan tegangan di luar batas kemampuan, akan mengakibatkan efek yang buruk bagi suatu peralatan.
- Meningkatkan stabilitas sistem sampai mendekati nilai maksimalnya agar dicapai suatu keadaan yang mendekati ideal.
- Mengurangi susut energi RXsal untuk memaksimalkan penyaluran energi pada saluran.

Karena daya reaktif tidak dapat ditransmisikan dalam jarak yang jauh, maka diperlukan peralatan tambahan untuk mengatasinya. Kemampuan kerja saluran distribusi, dapat diperbaiki dengan perangkat kompensasi reaktif jenis seri atau shunt. Kompensasi shunt pada saluran dapat direpresentasikan oleh kapasitor shunt dan reaktor

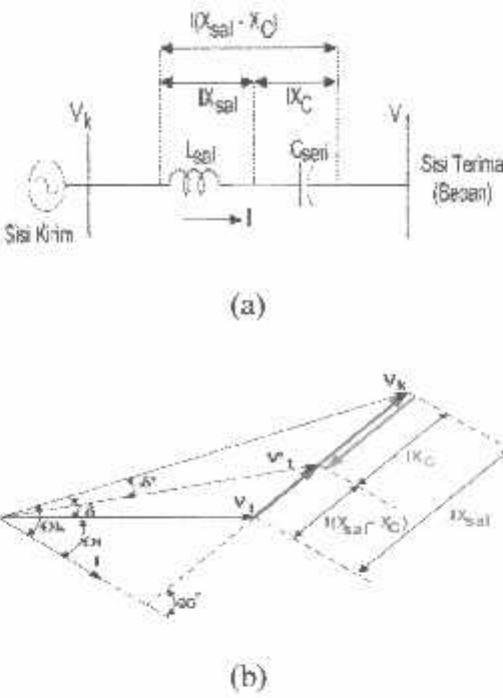
shunt sebagai sumber daya reaktif. Kompensasi shunt merupakan penempatan kapasitor maupun reaktor secara shunt antara masing-masing saluran dan netral untuk mengurangi sebagian atau menghilangkan sama sekali susseptansi shunt saluran tegangan tinggi, yang terutama penting pada keadaan beban yang ringan dimana tegangan ujung penerima dapat menjadi sangat tinggi, jika tidak dilakukan kompensasi. Sehingga kompensasi diperlukan untuk menjaga agar tegangan tidak melebihi batas-batas yang diijinkan.

Pada kondisi kebutuhan daya nyata dan reaktif yang cukup besar maka tegangan cenderung jatuh melewati batas yang diijinkan. Untuk mengatasi kondisi demikian maka dipasang kapasitor *shunt* yang dapat menyuplai daya reaktif sehingga tegangan dapat naik kembali. Pada kondisi kebutuhan daya nyata dan reaktif sangat kecil maka pengaruh dari kapasitansi saluran akan menyebabkan naiknya tegangan di sisi penerima melewati batas yang diizinkan. Pemasangan reaktor *shunt* akan menyerap pelepasan muatan dari kapasitansi saluran sehingga tegangan turun kembali.



Gambar 2.8. Rangkaian ekuivalen dari saluran, diagram vector pada rangkaian pada factor daya lagging, (a) tanpa kapasitor *shunt*, dan (b) dengan kapasitor *shunt*

Kompensasi seri dilakukan dengan memasang kapasitor secara seri disalah satu atau kedua ujung saluran, atau di tengah saluran. Pemasangan di tengah saluran akan memakan biaya lebih mahal karena membangun gardu khusus baru. Prinsip utamanya adalah mengurangi reaktansi ekivalen saluran ( $X_{sal}$ ) dengan memasukkan reaktansi kapasitif kapasitor secara seri ke jaringan.



Gambar 2.9. Rangkaian ekuivalen dari saluran (a), dan diagram fasor (b) setelah dikompensasi seri.

Perbaikan regulasi tegangan terlihat pada gambar 2.5, yaitu dengan berkurangnya jatuh tegangan di saluran ( $\Delta V$ ) :

$\Delta V = V_k - V_t = (I)(X_{sal}) \longrightarrow$  sebelum dikompensasi seri..... (2.10)

$\Delta V' = V_k - V_t = I X_{sal} - X_C \longrightarrow$  setelah dikompensasi seri..... (2.11)

dimana,

- $V_t$  = tegangan sisi terima sebelum dikompensasi seri
- $V_k$  = tegangan sisi kirim = konstan
- $V'_t$  = tegangan sisi terima setelah dikompensasi seri  $\longrightarrow V'_t > V_t$
- $\phi$  = sudut fasa antara  $I$  dan  $V_t$  = sudut fasa beban = konstan
- $\phi_k$  = sudut fasa antara  $I$  dan  $V_k$  = sudut fasa sistem (yang dilihat dari sumber)
- $I$  = arus STTL
- $I_{x_{sal}}$  =  $\Delta V$  - jatuh tegangan saluran sebelum dikompensasi seri
- $I X_C$  = jatuh tegangan dikapasitor seri
- $I(X_{sal} - X_C) = \Delta V'$  = jatuh tegangan saluran setelah dikompensasi seri
- $\delta$  = sudut daya antara  $V_k$  dan  $V_t$  sebelum dikompensasi seri

$\delta'$  = sudut daya antara  $V_k$  dan  $V_t$  setelah dikompensasi seri

Maka, bisa diperoleh persamaan tegangan (berdasarkan Gambar 2.5(a) dan 2.5 (b)) yaitu :

$V_k = V_t + j(I)(X_{sal}) \longrightarrow$  sebelum dikompensasi seri..... (2.12)

$V_k = V_t - j(I)(X_{sal} - X_C')$  setelah dikompensasi seri..... (2.13)

2.5 Gangguan Dalam Sistem Tenaga Listrik

Pada dasarnya gangguan dalam system distribusi tenaga listrik dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu gangguan yang bersifat sementara dan yang bersifat permanen, gangguan yang bersifat sementara atau *temporary* biasanya hanya terjadi dalam waktu yang sebentar, kemudian normal kembali.

Gangguan dalam system tenaga listrik sangat dihindari karena dapat mengakibatkan:

- Rusaknya peralatan-peralatan listrik yang berada dekat dengan gangguan yang disebabkan arus-arus yang besar, arus tidak seimbang maupun tegangan-tegangan rendah.
- Terhentinya kontinuitas pelayanan listrik kepada konsumen apabila gangguan tersebut sampai mengakibatkan terputusnya *circuit* yang biasa disebut dengan pemadaman listrik.

Oleh karena itu apabila terjadi gangguan sementara ataupun permanen maka diusahakan tidak sampai trip pada system secara keseluruhan, karena menyangkut kontonuitas pelayanan ke beban.

2.5.1 Voltage Sag

*Voltage Sag* atau *Voltage dip* merupakan penurunan tegangan pada frekuensi daya antara 0.1 dan 0.9 pu selama durasi waktu dari 0.5 *cycles* hingga 1 menit yang disebabkan oleh :

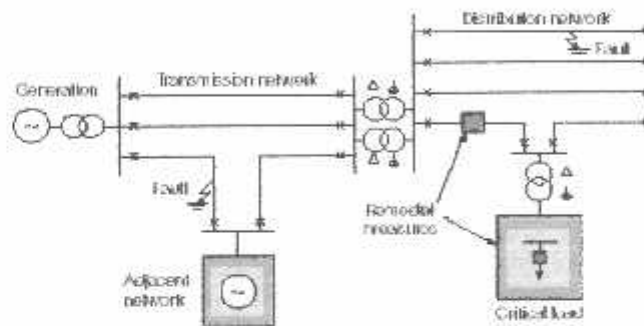
1. Starting beban-beban yang besar seperti motor listrik, dimana hal ini akan menghasilkan perubahan yang cepat dari tegangan.
2. Saat de-energisasi kapasitor
3. Gangguan hubung singkat
4. Pengoperasian pemanas elektrik

5. Umumnya karena adanya kehilangan koneksi
- 6.

Besaran *voltage sag* tergantung pada

1. Lokasi gangguan
2. Tipe gangguan: satu-, dua- atau tiga-fasa; ditanahkan atau tidak ditanahkan
3. Impedansi gangguan / resistansi.

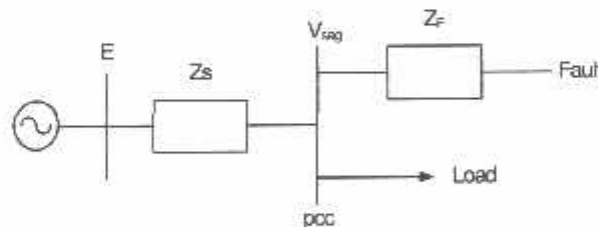
Terjadinya *Voltage Sag* akibat *fault* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10. Gambaran terjadinya *voltage sag*

### 2.5.2 Perhitungan Nilai *Voltage Sag*

Untuk menghitung besaran *voltage sag* pada sistem radial dapat dilihat pada contoh model yang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Model pembagi tegangan untuk *voltage sag*.

Dari Gambar 2.10 diatas dilihat adanya 2 impedansi yaitu;  $Z_s$  (impedansi sumber pada titik kopling bersama) dan  $Z_f$  (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan). Titik kopling bersama (*point of common coupling* atau PCC) adalah titik dimana cabang-cabang arus beban dalam posisi off dari arus gangguan. Jadi besaran kedip tegangan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sag} = \frac{Z_F}{Z_s + Z_F} \cdot E \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan 1 dapat digunakan untuk menghitung besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan. Karenanya dinyatakan  $Z_F = Z \cdot L$ , dimana  $Z$  adalah impedansi dari saluran per unit panjang dan  $L$  adalah jarak antara kesalahan dan PCC. Besaran kedip tegangan sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan dinyatakan dengan persamaan:

$$V_{sags} = \frac{zL}{Z_s + zL} \cdot E \quad \dots\dots\dots (2.15)$$

## 2.6 Batas Tegangan[3]

Utilitas dan peralatan pelanggan dirancang untuk beroperasi pada batas tertentu atau sumber tegangan nominal. Besar kecil dan lamanya penyimpangan dari tegangan nominal ini dapat mempengaruhi kinerja, serta menyebabkan kerusakan serius terhadap peralatan listrik.

Arus yang mengalir melalui jalur transmisi atau saluran distribusi dapat menyebabkan jatuh tegangan besar yang tidak dapat diterima di sistem penerima. Jatuh tegangan ini umumnya disebabkan oleh hilangnya daya reaktif dalam jumlah yang besar, yang terjadi ketika arus mengalir melalui sistem. Jika daya reaktif yang dihasilkan oleh generator dan sumber-sumber lain tidak cukup untuk memasok permintaan sistem, maka tegangan akan turun di luar batas yang dapat diterima biasanya antara -10% sampai +5% di sekitar nilai tegangan nominal.

Sistem sering memerlukan dukungan untuk membantu mencegah masalah tegangan rendah. Jumlah dukungan daya reaktif yang tersedia sering menentukan batas transfer daya.

## 2.7 INVERTER.

### 2.7.1 Definisi Inverter

Konverter DC to AC secara umum lebih dikenal dengan nama inverter, memiliki fungsi mengubah tegangan input dc menjadi tegangan output ac dengan besar magnitudo dan frekuensi yang diinginkan. Tegangan output bisa dibuat tetap atau variabel pada frekuensi tetap atau frekuensi yang bisa diubah. Besarnya output tegangan yang diinginkan dapat dicapai dengan 2 cara yaitu cara pertama dengan merubah besarnya tegangan input dc sedangkan gain dari inverter dijaga konstan, dan cara kedua adalah jika tegangan input dc tetap, gain dari inverter yang diubah-ubah. *Inverter gain* didefinisikan sebagai ratio antara tegangan output ac dengan tegangan input dc.

Untuk inverter yang ideal bentuk sinyal outputnya berupa *sinusoidal*. Namun pada praktiknya, output dari inverter berbentuk *nonsinusoidal* dan mengandung harmonisa. Untuk pemakaian dengan peralatan semikonduktor kecepatan tinggi kandungan harmonisanya bisa dikurangi dengan teknik switching tertentu.

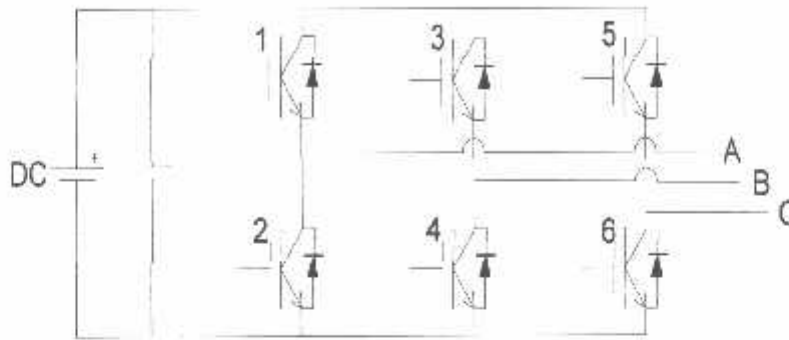
Secara umum inverter dibagi menjadi dua bagian yaitu: inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Peralatan elektronika daya yang dipakai untuk inverter, antara lain: *bipolar junction transistors* (BJT<sub>s</sub>), *metal oxide semiconductor field-effect transistors* (MOSFET), *insulated-gate bipolar transistor* (IGBT), *metal oxide semiconductor-controlled thyristors* (MCT<sub>s</sub>), *static induction transistors* (SIT<sub>s</sub>), *gate-turn-off thyristors* (GTO<sub>s</sub>). Pemakaian peralatan tersebut dipilih didasarkan pada jenis penerapannya. Inverter biasanya memakai sinyal kontrol PWM untuk menghasilkan tegangan output ac. Inverter dikatakan sumber tegangan (*Voltage fed Inverter*) jika tegangan inputnya dibuat konstan, dan dikatakan sumber arus (*Current Fed Inverter*) jika arus inputnya dijaga konstan. Jika tegangan inputnya merupakan tegangan terkendali atau tegangan inputnya merupakan tegangan yang bisa diatur, maka inverter ini bisa disebut *variable dc linked inverter*.

### 2.7.2 Inverter 3 fasa

Inverter sumber tegangan 3 fasa adalah peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) 3 fasa. Rangkaian dasar inverter tiga fasa dengan tiga lengan ditunjukkan seperti pada Gambar 2.11. Saklar-saklar pada gambar tersebut bekerja sedemikian rupa, sehingga bentuk tegangan keluaran (A, B, dan C) membentuk tegangan 3 fasa. Kedudukan saklar-saklar yang berpasangan (1 dan 2, 3 dan 4, 5 dan 6) diatur sedemikian hingga setiap pasang tidak



pernah bersama-sama ON ataupun sama-sama OFF. Artinya jika saklar 1 dalam keadaan ON, maka saklar 2 berada dalam keadaan OFF atau sebaliknya. Demikian pula untuk pasangan 3 - 4 dan 5 - 6.



Gambar 2.12. Inverter Tiga Fase Tiga Lengan.

### 2.7.3 Kontrol Tegangan dari Inverter

Untuk penerapan diindustri, diperlukan adanya pengendalian dari tegangan output inverter, untuk mengatasi variasi tegangan input dc, untuk pengaturan tegangan inverter, untuk mengatur tegangan/frekuensi supaya tetap. Ada banyak macam teknik pengaturan gain inverter. Metode pengaturan gain paling efisiensi adalah dengan metode PWM (Pulse Width Modulation).

Metode PWM ini memerlukan gelombang Carrier dan referensi untuk menghasilkan serangkaian logika pulsa kontrol gate inverter.

### 2.7.4 Kontrol Gate Inverter Satu Fasa

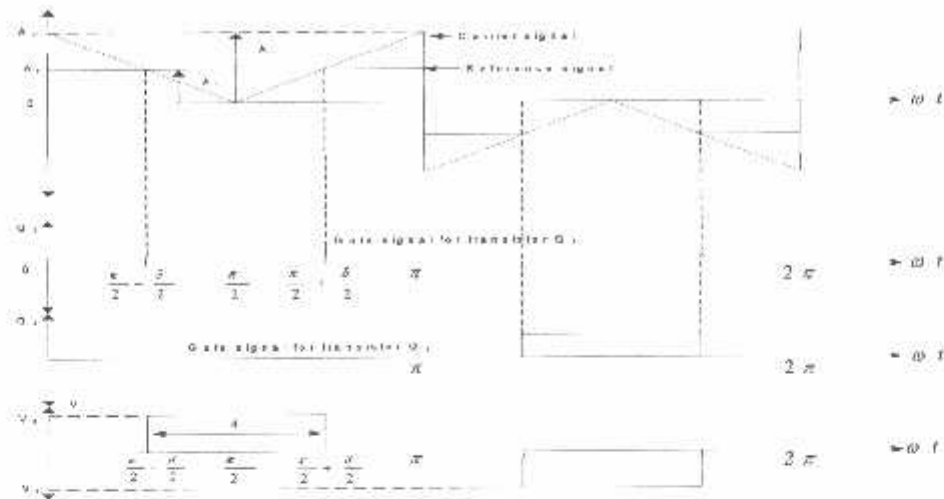
Berdasarkan bentuk gelombang referensi dan carrier ini, metode PWM untuk inverter 1 fasa mempunyai beberapa teknik yaitu:

- Single-pulse Width Modulation (Single-PWM).
- Multi-Pulse Width Modulation (Multi-PWM).
- Sinusoidal-Pulse Width Modulation (Sinusoidal-PWM).
- Modifiet-Pulse Modulation (Modifiet-PWM).
- Phase Displacement Control.

Untuk lebih memudahkan pemahaman akan proses terbentuknya pulsa kontrol gate inverter maka dibawah ini diberi contoh salah satu teknik dari metode PWM yaitu teknik *Single Pulse Width Modulation (Single-PWM)*.

Untuk kontrol single-PWM, hanya ada satu pulsa tiap satu siklus dan lebar pulsa diubah untuk mengontrol tegangan output inverter. Gambar 2.7. menunjukan pembangkit sinyal kontrol gate dan tegangan output *single phase full bridge inverter*.

Sinyal untuk kontrol gate dibangkitkan dengan membandingkan amplitudo sinyal referensi rectangular  $A_r$ , dengan sinyal carrier triangular  $A_c$ . Frekuensi sinyal referensi menentukan frekuensi tegangan dasar output.



Gambar 2.13. Single-PWM

Output tegangan sesaat  $v_o = V_s(g_1 - g_2)$ . Rasio  $A_r$  terhadap  $A_c$  merupakan variabel kontrol yang didefinisikan sebagai indeks modulasi. Besarnya indeks modulasi ( $M$ ) diberikan dengan persamaan:

$$M = \frac{A_r}{A_c} \dots\dots\dots (2.16)$$

Sedangkan nilai rms tegangan output adalah:

$$V_o = \left( \frac{2}{2\pi} \int_{(\pi-\delta)/2}^{(\pi+\delta)/2} V_s^2 d(\omega t) \right)^{1/2} = V_s \sqrt{\frac{\delta}{\pi}} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan mengubah  $A_r$  dari 0 ke  $A_c$  maka lebar pulsa  $\delta$  dapat diubah-ubah dari  $0^\circ$  ke  $180^\circ$ , sehingga nilai rms tegangan output dapat diubah-ubah antara 0 sampai  $V_s$ . Sedangkan tegangan output sesaatnya jika ditulis dalam deret fourier adalah:

$$V_o = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{4V_s}{n\pi} \sin \frac{n\delta}{2} \sin(n\omega t) \dots\dots\dots (2.18)$$

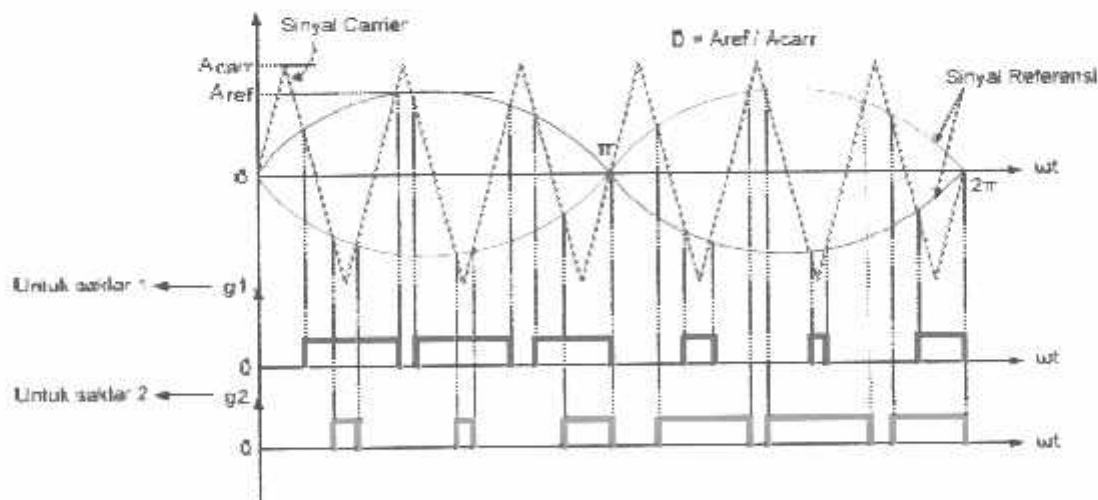
### 2.7.5 Kontrol Gate Inverter Tiga Fasa

Ada beberapa teknik didalam pembangkitan sinyal kontrol gate inverter 3 fasa, antara lain:

1. Sinusoidal PWM.
2. Third-harmonic PWM.
3.  $60^\circ$  PWM.
4. Space Vector Modulation.

#### 2.7.6 Sinusoidal PWM

Pada metode *Sinusoidal Pulse Width Modulation* ini sinyal referensi yang digunakan adalah gelombang sinus. Berarti lebar tiap pulsa berbeda-beda tergantung pada magnitude gelombang sinusnya. *Distortion factor* atau *lower orde harmonics* akan berkurang jauh bila dibandingkan dengan metode *single-PWM* maupun *Multi-PWM*. Sinyal penyulutan dibangkitkan dengan cara membangkitkan sinyal referensi sinusoidal dengan gelombang pembawa (segitiga) berfrekuensi  $f_{\text{carri}}$  (lihat gambar ). Frekuensi sinyal referensi ( $f_{\text{ref}}$ ) akan menentukan frekuensi keluaran inverter ( $f_0$ ). Sedangkan amplitudo puncak referensi ( $A_{\text{ref}}$ ) mengatur *duty cycle* ( $D$ ) dan tegangan keluaran efektif inverter ( $V_o$ ). Jumlah pulsa per  $\frac{1}{2}$  perioda bergantung pada  $f_{\text{carri}}$  ( $f_{\text{carri}} = f_{\text{pwm}}$ ). Sinyal penyulutan juga bisa dibangkitkan dengan bentuk gelombang segitiga yang *unidirectional* seperti pada Gambar dibawah ini



Gambar 2.14. *Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM).*

## 2.8. Peralatan Elektronika Daya

### 2.8.1. Transistor Bipolar

Transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gulir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur, dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi.

### 2.8.2. Metal Oxide Semiconductor FET (MOSFET)

*Power MOSFET* adalah piranti elektronika daya konvensional yang beroperasi pada tegangan tinggi dan rugi konduksi yang rendah. Sebelum adanya kemajuan kinerja *power MOSFET*, gelanggang penyalur daya dulunya memang didominasi oleh BJT (*bipolar junction transistor*), dan SCR yang sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. MOSFET merupakan piranti elektronik yang dikemudikan oleh tegangan, dengan kebutuhan akan daya pengemudi yang relatif kecil saja. Sementara itu, pada transistor bipolar yang sifatnya dikemudikan oleh arus, ia memerlukan pengemudi dengan daya yang relatif lebih besar.

Dalam hal kapasitansi masukan, untuk MOSFET, bergantung pada ratingnya (kemampuan arusnya). Kapasitansi ini dapat menjadi demikian besar, sehingga rangkaian pengemudinya dituntut memiliki kemampuan untuk mengisi dan membuang dengan cepat muatan kapasitansi yang besar ini. Rugi penyaluran (*switching losses*) dari piranti ini sangat kecil, hal ini menandakan bahwa MOSFET memiliki transisi saat menyambung (*turn-on*) dan memutus (*turn-off*) sangat cepat.

### 2.8.3. Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT)

IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*), merupakan piranti atau komponen aktif pokok yang kini banyak digunakan dalam bidang Elektronika Daya; seperti UPS (*Uninterruptible Power Supply*), dan sistem pengendali daya atau motor-motor besar di bidang industri.

Adanya suatu kendala tentang kecepatan respon penyalur (*Switching Devices*) antara lain sulit untuk dimatikan (*turn-off*) dan lambat. Maka dalam hal ini dipilih IGBT yang memiliki kemampuan lebih baik.

2.8.4. Perbandingan Umum Antara Kinerja MOSFET dan IGBT

Perbandingan kinerja penyakelar MOSFET dan IGBT secara singkat dinyatakan dalam Tabel 2.1. Untuk tujuan komparasi, Tabel 2.1 tersebut juga menyertakan pula perbandingannya dengan transistor bipolar. Besaran tegangan kolektor-emitor dalam kondisi menyambung atau jenuh ( $V_{CEsat}$ ) yang biasa digunakan untuk menggambarkan karakter suatu IGBT, dalam Tabel 1 tersebut ditranslasikan ke dalam besaran resistansi kolektor-emitor dalam kondisi menyambung ( $R_{on}$ ).

Tabel 2.1. Perbandingan tiga piranti penyakelar daya untuk kemampuan (rating) yang setara

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Kemampuan arus (A)	20	20	20
Kemampuan tegangan (V)	500	600	500
$R_{on}$ (ohm) Pada 25° C	0,2	0,24	0,18
$R_{on}$ (ohm) Pada 150° C	0,6	0,23	0,24
Waktu turun (nanodetik)	40	200	200

Dua fakta yang bersumber pada Tabel 2.1 tersebut adalah bahwa; pertama, transistor bipolar sangat lebih lambat daripada MOSFET. Secara prinsip, hal ini disebabkan oleh waktu gulir mati (*turn-off*) piranti bipolar yang lebih panjang. Kedua adalah resistansi saat kondisi menyambung (*on-state*) piranti bipolar yang relatif tak bergantung (bersifat invarian) terhadap temperatur, dibandingkan dengan adanya nilai koefisien temperatur yang tinggi pada MOSFET. Informasi koefisien temperatur ini merupakan pertimbangan penting dalam perencanaan batas aman thermal pada sistem-sistem yang berdaya tinggi.

Tabel 2.2 menyatakan perbandingan yang lebih umum mengenai karakteristik penyakelarnya. Disebabkan oleh struktur masukan gate-nya, MOSFET dan IGBT

merupakan piranti elektronik yang dikemudikan oleh tegangan, dengan kebutuhan akan daya pengemudi yang relatif kecil saja. Sementara itu, pada transistor bipolar yang sifatnya dikemudikan oleh arus, ia memerlukan pengemudi dengan daya yang relatif lebih besar.

Dalam hal kapasitansi masukan, untuk MOSFET dan IGBT, bergantung pada ratingnya (kemampuan arusnya). Kapasitansi ini dapat menjadi demikian besar, sehingga rangkaian pengemudinya dituntut memiliki kemampuan untuk mengisi dan membuang dengan cepat muatan kapasitansi yang besar ini.

IGBT tampaknya memang menawarkan rating kemampuan arus yang lebih baik. Namun demikian, kekurangan dan kelebihan masing-masing piranti yang tercantum pada Tabel 2.2 tersebut dapat digunakan sebagai acuan untuk memilih salah satu di antara ketiganya.

Tabel 2.2. Perbandingan Karakteristik Piranti Penyakelar Daya

Karakteristik	MOSFET	IGBT	Bipolar
Tipe pengemudi	Tegangan	Tegangan	Arus
Daya pengemudi	minimum	Minimum	Besar
Tingkat kerumitan pengemudi	Sederhana	Sederhana	Cukupan atau sedang
Kemampuan arus pada nilai tegangan drop di ujung-ujung terminal piranti	Tinggi pada teg. rendah; rendah pada teg. tinggi	Sangat tinggi (terpengaruh oleh kecepatan penyakelaran)	Cukupan (sangat terpengaruh oleh kecepatan penyakelaran)
Rugi penyakelaran	Sangat rendah	Rendah sampai sedang (dipengaruhi oleh rugi konduksi)	Sedang sampai tinggi (dipengaruhi oleh rugi konduksi)

Untuk mempertahankan nilai resistansi yang tetap rendah, pembuat IGBT membuat kemampuan arus yang lebih rendah untuk tipe yang lebih cepat. Sebagai contoh, Perusahaan *International Rectifier* (IR) di pasaran menawarkan tiga tipe IGBT; yakni tipe standar, cepat dan ultra cepat. IR mendeskripsikan kemampuan arus dengan perbandingan terbalik terhadap kecepatan penyakelarannya. Parameter terakhir dalam Tabel 2.2 tersebut adalah rugi penyakelaran (*switching losses*), yang mencerminkan

kecepatan penyaklaran dari ketiga piranti elektronik tersebut. Untuk MOSFET, baik transisi saat menyambung (*turn-on*) dan memutus (*turn-off*) sangat cepat. Sedang untuk IGBT, kita dihadapkan pada kenyataan bahwa ada perimbangan dalam hal kecepatan penyaklaran versus kemampuan arus; jenis yang lebih cepat akan mengalami rugi konduksi yang lebih tinggi. Waktu penyaklaran pada IGBT sebagian besar didominasi oleh waktu saat menyambung, sehingga secara garis besar membatasi penggunaannya dalam sistem yang beroperasi pada laju penyaklaran yang lebih rendah daripada 100 kHz.

Tabel 2.3. Perbandingan tegangan drop dan rating tegangan antara IGBT dan MOSFET

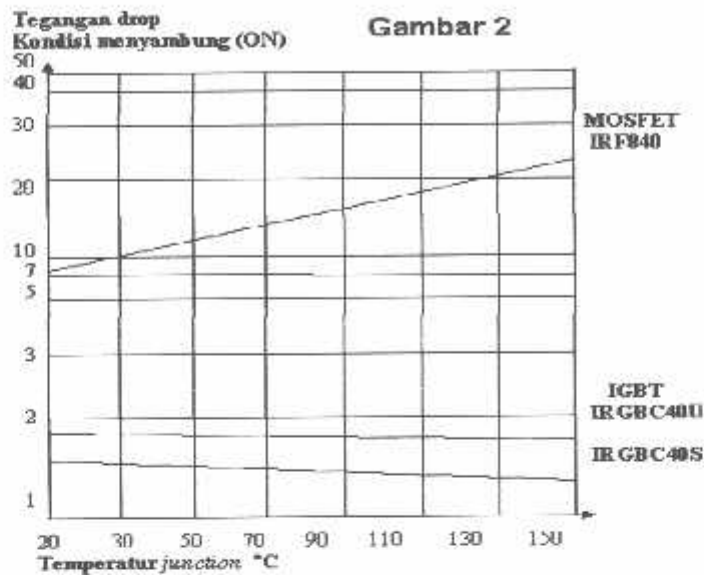
Rating Tegangan (Volt)	IGBT	100	300	600	1200
	MOSFET	100	250	500	1000
Tegangan drop untuk 1,7 ampere per mm <sup>2</sup> pada temperatur 100°C (Volt)	IGBT	1,5	2,1	2,4	3,1
	MOSFET	2,0	11,2	26,7	100

Tabel diatas menunjukkan perbandingan IGBT dengan MOSFET dalam hal rugi konduksi yang dinyatakan dalam bentuk tegangan drop (tegangan yang terdapat pada kedua ujung terminalnya saat pirantai tersebut dalam keadaan menyambung) untuk kondisi kemampuan arus pada luasan (area) piranti maupun temperatur yang sama. Pada MOSFET, untuk kemampuan arus yang sama per satuan luasan silikon, resistansi dalam kondisi menyambung naik secara ckponensial terhadap rating tegangannya. Sementara itu, untuk piranti IGBT (yang dinyatakan dalam besaran tegangan kolektor-emitor jenuh ketimbang resistansi dalam kondisi menyambung) lebih mampu mempertahankan rugi konduksi yang rendah untuk semua rating tegangan. Dari Tabel 2.3 tersebut juga dapat diketahui bahwa MOSFET memiliki rating tegangan yang sedikit lebih rendah daripada IGBT.

Perbandingan MOSFET dan IGBT untuk luasan die (irisan tipis bahan semikonduktor yang dipakai untuk membuat transistor atau piranti semikonduktor lainnya) yang sama, secara grafis dinyatakan dalam Gambar 2.12. Pada gambar tersebut, jelas tampak bahwa IGBT memiliki rugi pada kondisi menyambung lebih rendah. Grafik tersebut menunjukkan tegangan drop dalam kondisi menyambung untuk sebuah MOSFET dan dua IGBT hasil produksi IR untuk arus beban 10 ampere. Piranti yang memiliki rugi yang paling rendah dalam gambar tersebut adalah IRGBC40S, yakni IGBT tipe standar.



Tipe ultra cepatnya, *IRGBC40U* menawarkan penyalaklaran yang lebih cepat, namun rugi dalam kondisi menyambung juga lebih tinggi.



Gambar 2.15. Jatuh Tegangan pada kondisi menyambung untuk sebuah MOSFET dan dua IGBT

## 2.9. Peralatan Kompensasi dalam Sistem Tenaga Listrik[3]

Perkembangan terbaru dan penggunaan pengendali Flexible AC Transmission System (FACT) dalam sistem transmisi listrik telah menyebabkan banyak aplikasi pengendali ini tidak hanya untuk meningkatkan stabilitas daya jaringan yang ada tetapi juga untuk memberikan fleksibilitas untuk operasi sistem daya. Kontrol FACT, dikembangkan oleh Electric Power Research (Epri) dan Westinghouse Electric Corporation (Westinghouse), membantu memenuhi kedua utilitas meningkatnya permintaan akan listrik. Perangkat baru ini akan lebih baik apabila ditambah dengan komputer dan teknologi komunikasi, menawarkan potensi untuk meningkatkan kontrol sistem yang baik selama kondisi mantap dan terutama sistem berikut gangguan.

Perangkat FACT didefinisikan oleh IEEE sebagai, sistem transmisi arus bolak-balik daya menggabungkan pengendali berbasis elektronik dan pengendali statis lainnya untuk meningkatkan pengendalian dan meningkatkan kemampuan transfer daya. Dari definisi di atas, dua tujuan utama perangkat tersebut dapat dinyatakan kembali sebagai berikut:

- Untuk meningkatkan kemampuan transfer daya dari jaringan transmisi.
- Untuk menyediakan kontrol daya langsung yang mengalir pada saluran transmisi yang ditunjuk.

Meskipun perangkat FACT dapat menawarkan kontrol kecepatan tinggi untuk meningkatkan sistem tenaga listrik, salah satu kelemahan penting kontroler daya berbasis elektronik adalah biaya yang lebih mahal per unit dibandingkan dengan peralatan konvensional yang serupa. Tabel 2.4 memberikan gambaran tentang biaya berbagai kontroler paralel dibandingkan dengan kapasitor paralel

Tabel 2.4. Perbandingan Harga dari berbagai Kontroler

Kontrol Pararel	Harga (US \$)
Kapasitor Pararel	8/kVar
Kapasitor Seri	20/kVar
SVC	40/kVar
TCSC	40/kVar
STATCOM	50/kVar
UPFC	50/kVar

Sementara biaya perangkat FACT jauh lebih tinggi, tetapi memberikan respon yang halus dan cepat untuk mengamankan sistem daya selama operasi dalam kondisi normal dan kondisi mantap. di sisi lain, Kapasitor paralel memberikan respon kasar dan tidak dapat mengendalikan tegangan pada bus yang terhubung. Oleh karena itu, kontroler FACT ini bersama dengan sifat-sifat mereka dalam respon cepat dapat memberikan kontrol yang tepat untuk perbaikan stabilitas, terutama untuk stabilitas tegangan.

Dengan tujuan ini, para pengontrol FACT dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam hal fleksibilitas yang lebih besar dan memperluas margin stabilitas sistem daya. Untuk mencapai tujuan, perangkat FACT meningkatkan kinerja sistem daya dengan memberikan atau menyerap daya nyata atau daya reaktif.

Ada banyak pengendali FACT saat ini tersedia dalam utilitas. Umumnya perangkat FACT dibagi menjadi tiga kategori:

- Perangkat kompensasi FACT Pararel, contohnya : SVC dan STATCOM.
- perangkat kompensasi FACT seri, contohnya : TCPS dan SSSC.
- perangkat kompensasi FACT paralel seri, contohnya : UPFC dan USSC.

## BAB III

### PRINSIP KERJA DAN PEMODELAN SSSC

#### 3.1 Prinsip Kerja

Utilitas dan peralatan pelanggan dirancang untuk beroperasi pada batas tertentu atau sumber tegangan nominal. Besar kecil dan lamanya penyimpangan dari tegangan nominal ini dapat mempengaruhi kinerja, serta menyebabkan kerusakan serius terhadap peralatan listrik.

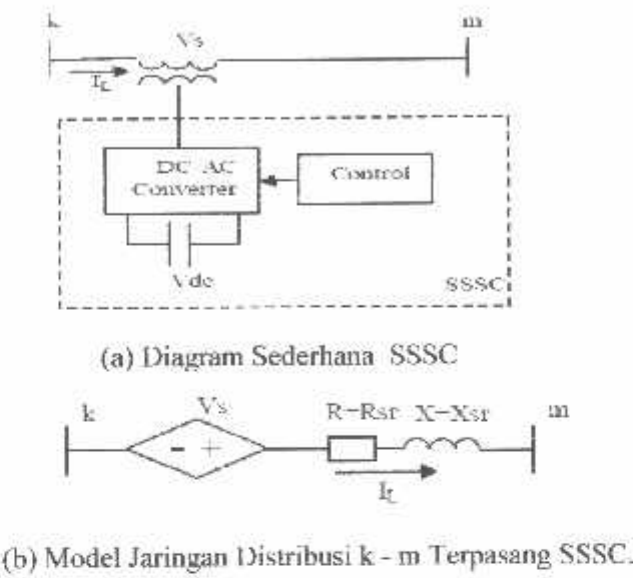
Arus yang mengalir melalui jaringan listrik dapat menyebabkan jatuh tegangan besar yang tidak dapat diterima di sistem penerima. Jatuh tegangan ini umumnya disebabkan oleh hilangnya daya reaktif dalam jumlah yang besar, yang terjadi ketika arus mengalir melalui sistem. Jika daya reaktif yang dihasilkan oleh generator dan sumber-sumber lain tidak cukup untuk memasok permintaan sistem, maka tegangan akan turun di luar batas yang dapat diterima biasanya antara +10% sampai -5% dari nilai tegangan nominal.

Static Synchronous Series Compensator atau SSSC merupakan salah satu perangkat *Flexible AC Transmission System* (FACTS) yang terhubung secara *seri* pada sistem AC. Hal ini dapat dianggap sebagai sumber tegangan sinkron karena dapat menyuntikkan tegangan sinusoidal yang hampir variabel dan dapat dikontrol amplitudo dan sudut fase, secara seri dengan saluran transmisi.

Pada prinsipnya SSSC bertujuan untuk mengkompensasi daya yang diserap beban sehingga meminimalkan jatuh tegangan yang terjadi pada saluran yang dapat berakibat buruk pada utilitas dan perangkat yang sensitif pada system tersebut. Dengan penggunaan SSSC maka akan mempunyai harga solusi yang lebih efektif untuk menjaga profil tegangan sistem tetap stabil sesuai dengan keadaan normal, sehingga meningkatkan kemampuan transfer daya, dan meningkatkan keamanan dan stabilitas sistem daya.

Disamping itu SSSC juga dapat memberikan atau menyerap daya reaktif dari sistem jika tegangan sistem lebih rendah atau lebih tinggi daripada tegangan output inverter. Besarnya daya kompensasi tergantung pada besaran naik atau jatuhnya tegangan.

Dengan memberikan atau menyerap daya reaktif tersebut, maka tegangan sistem dapat dijaga konstan, Cara pemasangan SSSC sama dengan pemasangan kapasitor secara konvensional.



Gambar 3.1. (a) Diagram sederhana SSSC, (b) Model Jaringan Distribusi k - m Terpasang SSSC.

Tujuan kontrol utama SSSC adalah secara langsung mengontrol arus, dan secara tidak langsung mengontrol aliran daya yang mengalir melalui saluran dengan mengontrol pertukaran daya reaktif antara SSSC dan sistem AC. Keuntungan utama dari kontroler SSSC ini dari TCSC adalah tidak secara signifikan mempengaruhi impedansi sistem, oleh karena itu, tidak memiliki masalah munculnya bahaya resonansi.

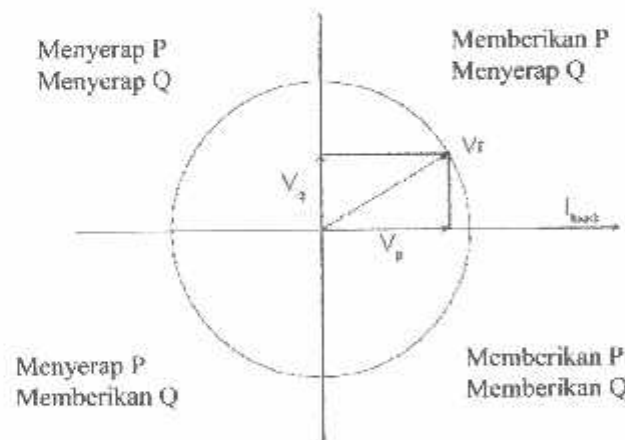
Dari Gambar 3.1, sumber tegangan sinkron semikonduktor menghasilkan tegangan yang sesuai pada sistem AC frekuensi dasar, yang di *seri* kan dengan saluran untuk mengurangi sebagian jatuh tegangan. Keluaran dari sumber tegangan sinkron semikonduktor terkunci dengan sebuah hubungan tertinggal saluran yang disuntikkan secara seri dengan saluran. Jika besarnya tegangan disuntikkan dibuat sebanding dengan yang ada pada saluran, maka serangkaian kompensasi yang setara dengan yang diberikan oleh kapasitor seri pada frekuensi dasar diperoleh. Matematis, sumber tegangan ini dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$V_c = -jkXI_{ac}.....(3.1)$$

di mana,  $V_c$  adalah fasor tegangan kompensasi yang disuntikkan,  $I_{ac}$  adalah fasor arus jaringan,  $X$  adalah saluran impedansi seri, dan  $k$  adalah tingkat kompensasi seri (terus

menerus berubah pada kisaran  $0 < k < 1$ ). Untuk kompensasi seri konvensional  $k$  didefinisikan sebagai  $X_c/X$ , di mana  $X_c$  adalah impedansi dari seri kapasitor.

Strategi SSSC adalah mengontrol besarnya  $I_{ac}$  rms dari arus AC dan besarnya  $V_c$  rms dari fasor Pengendali tegangan AC, sehingga digunakan untuk mengontrol daya reaktif yang nantinya diberikan atau diserap oleh kontrol. Jika reaktansi dari trafo kopel diasumsikan kecil, tegangan keluaran AC secara langsung dapat dikontrol melalui tegangan VSI ( $V_{inv}$ ), yang dapat dengan mudah diubah dengan pengisian atau pemakaian kapasitor. Dalam kondisi mantap, dengan asumsi kerugian kontrol minimum, pergeseran fasa  $\beta$  dari tegangan inverter  $V_{inv}$  yang berhubungan dengan  $I_{ac}$  saat ini adalah sekitar  $-90^\circ$  maka kontrol memberikan daya reaktif (kapasitif), atau apabila pergeseran sudut fasa  $\beta$   $90^\circ$  maka kontrol menyerap daya reaktif (induktif) dari pengisian dan pemakaian kapasitor. Dengan demikian perubahan tegangan DC ( $V_{dc}$ ), yang berhubungan dengan besarnya tegangan inverter ( $V_{inv}$ ), dapat dikontrol halus dengan cara mengubah pergeseran sudut fasa  $\beta$ . Oleh karena itu, untuk peralihan sementara sudut fasa  $\beta$  dari  $-90^\circ < \beta < 90^\circ$  kontrol menyerap daya aktif dan kapasitor terhubung, untuk  $\beta < -90^\circ$  dan  $\beta > 90^\circ$  kontrol memberikan daya aktif dan kapasitor dilepas.



Gambar 3.2. Diagram operasi SSSC

Dalam operasi, yang digeneralisasi SSSC dianggap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Diasumsikan bahwa menyuntikkan tegangan ( $V_c$ ) yang di seri dengan saluran dapat dicapai jika penyimpanan energi DC memiliki kapasitas yang tak terbatas. Sudut fase tegangan dengan demikian dapat dipilih secara independen dari jaringan saat ini antara 0 dan  $2\pi$  dengan besaran yang bervariasi antara nol dan nilai maksimum yang ditetapkan,  $V_{c \text{ maks}}$ . Ini menunjukkan bahwa sumber tegangan sinkron harus dapat menghasilkan dan menyerap baik daya nyata maupun daya reaktif.

### 3.2 Pemodelan SSSC Menggunakan Software PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION.

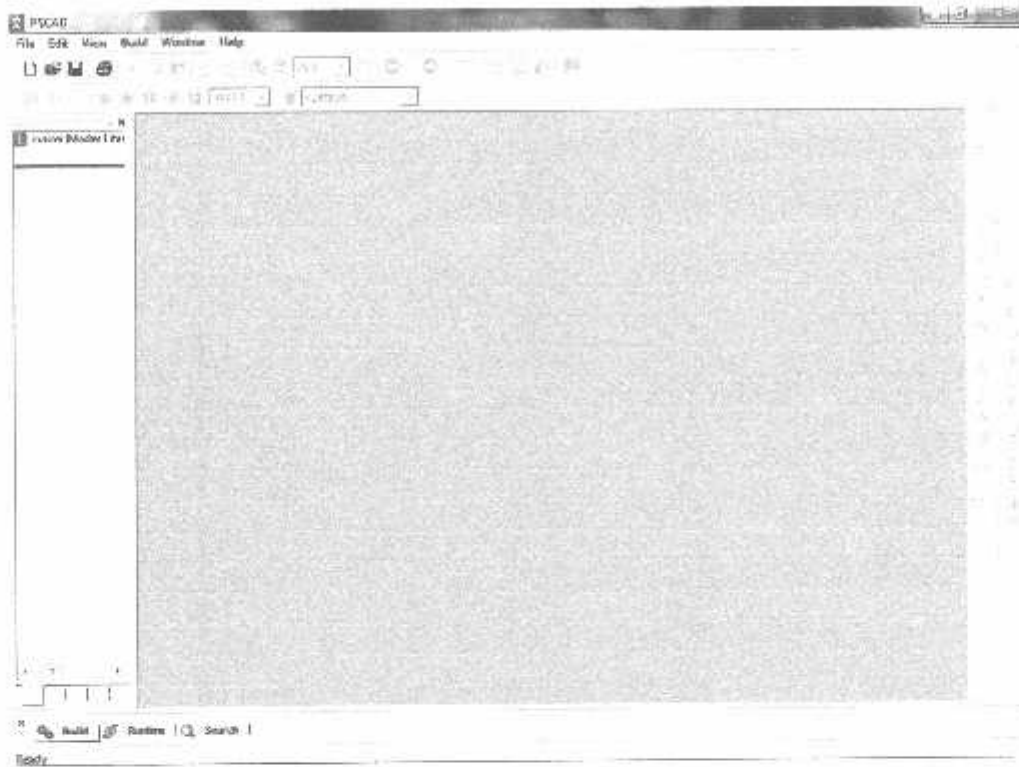
PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar, mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung.

Dibawah ini adalah model umum yang terdapat di dalam studi sistem menggunakan PSCAD/EMTDC :

1. *Resistors, inductors, capacitors*
  2. *Mutually coupled windings, such as transformers*
  3. *Frequency dependent transmission lines and cables (including the most accurate time domain line model in the world)*
  4. *Current and voltage sources*
  5. *Switches and breakers*
  6. *Protection and relaying*
  7. *Diodes, thyristors, GTOs, IGBTs*
  8. *Analog and digital control functions*
  9. *AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers und inertial models*
  10. *Meters and measuring functions*
  11. *Generic DC and AC controls*
  12. *HVDC, SVC, and other FACTS controllers*
  13. *Wind source, turbines and governors*
-

### 3.2.1. Memulai *PSCAD/EMTDC Power Simulation*

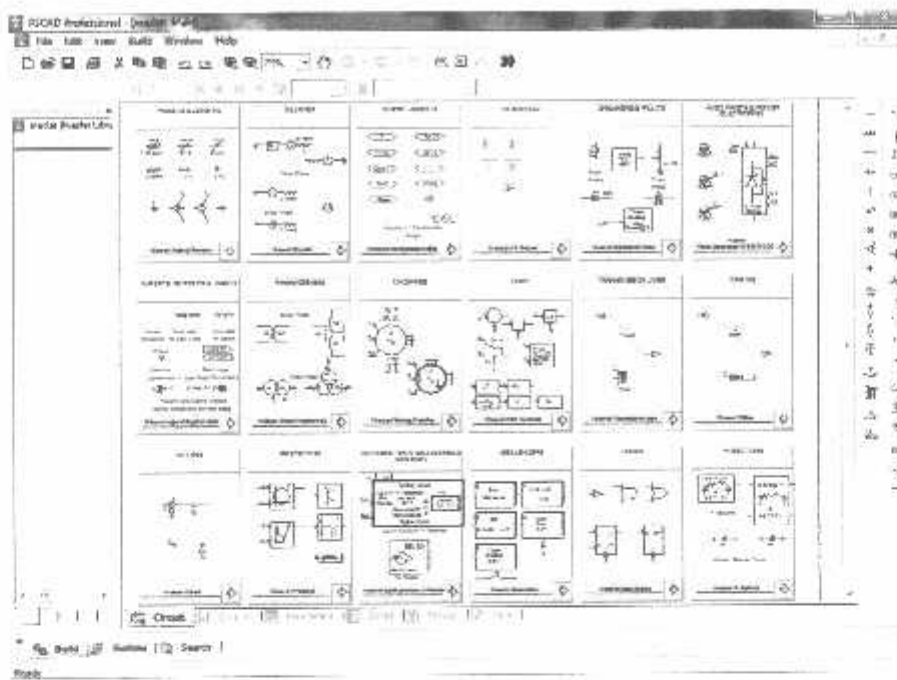
Tampilan Utama *PSCAD Power Simulation* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.3 Tampilan utama *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation*

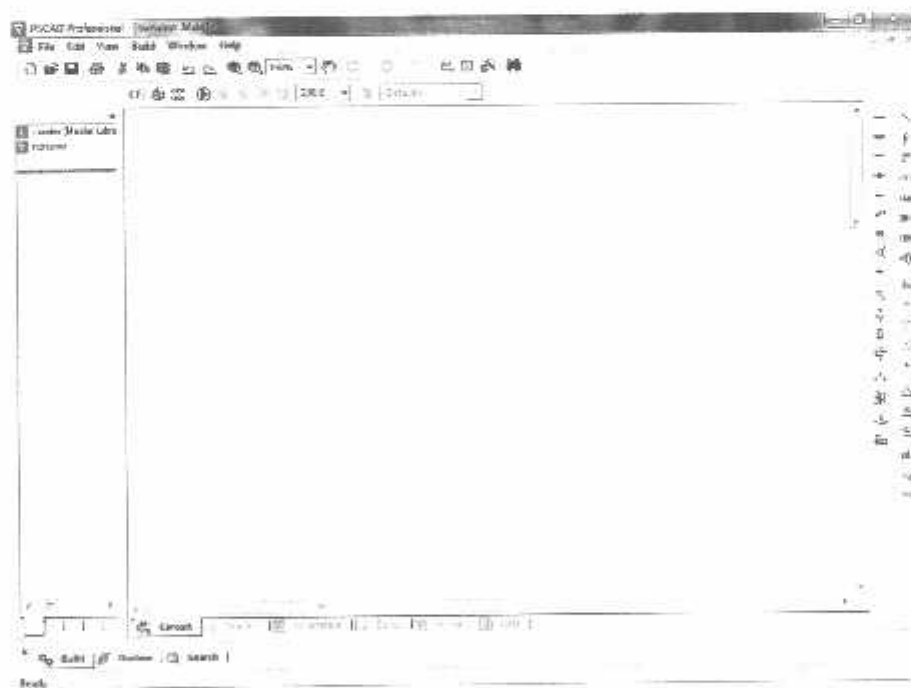
- Untuk memulai membuat *single line* baru maka kita klik: File > New > case. Setelah melakukan prosedur di atas secara *default* PSCAD akan memberi nama *file* baru yang kita buat dengan nama "noname". Kemudian kita klik nama *file*-nya maka akan muncul tampilan seperti Gambar 3.2.
- Semua komponen yang akan digunakan dalam menggambar *single line* terdapat di dalam *Master Library* seperti pada tampilan di bawah ini. Untuk menggunakan *right klik on the component* > *copy* dan kemudian *paste* pada modul.





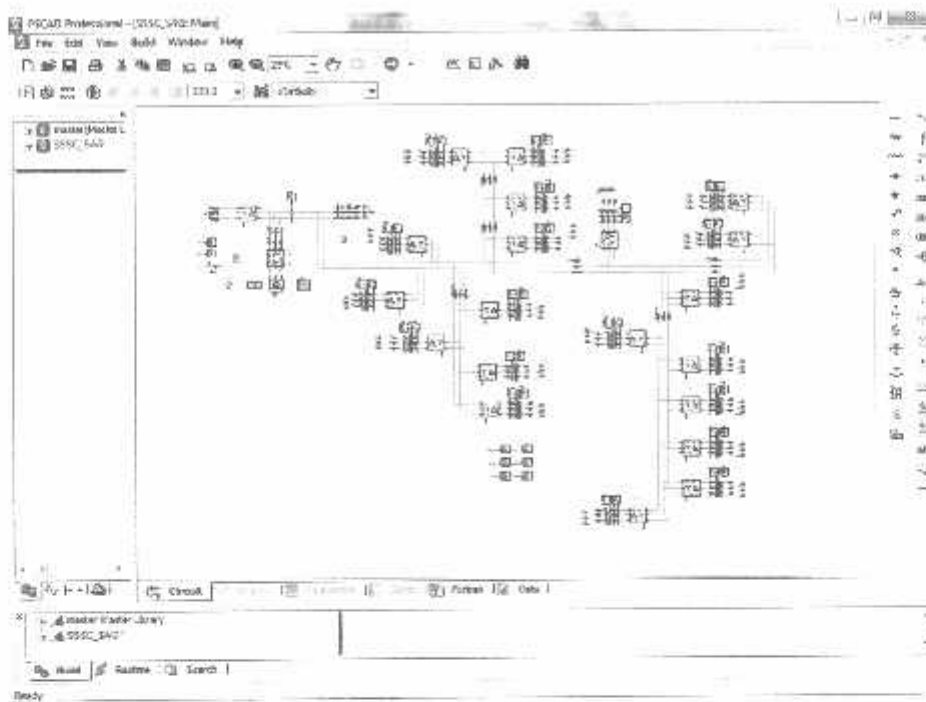
Gambar 3.4 Tampilan *Master Library*.

- *Double klik file* baru yang sudah dibuat, maka akan muncul tampilan seperti di bawah ini, komponen-komponen dirangkai dalam modul ini.



Gambar 3.5 Tampilan Modul Utama.

- Setelah mendesain sistem seperti yang dibutuhkan, maka dapat kita lihat tampilan single line dalam modul utama sebagai berikut.



Gambar 3.6 Pemodelan SSSC di PSCAD.

Berdasarkan konfigurasi dasar diatas, SSSC merupakan suatu sistem elektronika daya dengan system kontrol yang kompleks mempunyai beberapa komponen penting, antara lain inverter, DC-Link kapasitor dan rangkaian kontrol.

### 3.3 Inverter

Pengertian dari inverter dalam sistem tenaga yaitu suatu rangkaian yang dapat mengkonversikan sumber tegangan DC menjadi AC. Hal ini bisa diperoleh dengan pengaturan switch pada rangkaian switch. Secara umum inverter ada dua macam yaitu sumber tegangan (VSI) dan sumber arus (CSI). Sedangkan inverter sumber tegangan dapat digolongkan menjadi tiga kategori

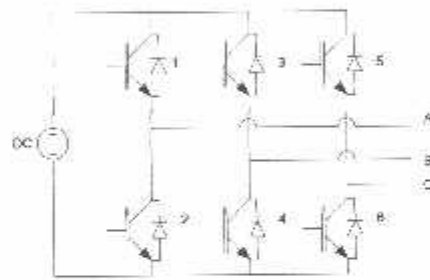
1. Inverter PWM (*Pulse Width Modulated Inverter*), dengan input tegangan DC yang besarnya konstan, inverter ini dapat mengubah ke tegangan AC dengan besat dan frekuensi yang dapat diatur.
2. Inverter Gelombang Kotak ( *square Wave Inverter* ), input tegangan DC besarnya dapat dikontrol untuk mengatur besarnya output tegangan AC pada

inverter sehingga hanya mengontrol frekuensi. Output inverter berupa tegangan AC Gelombang kotak.

3. Inverter satu fasa dengan pemotongan tegangan (*Single Phase Inverter With Voltage Cancellation*), inverter ini memiliki satu output dan keluarannya berupa gelombang kotak dengan input tegangan yang besarnya konstan. Inverter hanya mengatur frekuensi sedang magnitudonya diatur oleh pemotongan tegangan.

Dari berbagai jenis inverter diatas, yang digunakan pada SSSC adalah jenis inverter PWM dengan alasan inverter PWM memiliki output arus sinusoidal, selain itu untuk mengatur frekuensi dan magnitudonya cukup mengontrol indeks modulasi inverter saja dengan tegangan sumber yang konstan.

Dalam perancangan SSSC ini digunakan inverter sumber tegangan serta menggunakan dua buah IGBT sebagai switch untuk tiap fasanya, Sehingga diperlukan 6 buah IGBT untuk sistem tiga fasa, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4. Rangkaian inverter untuk tiap fasanya adalah sebagai berikut:



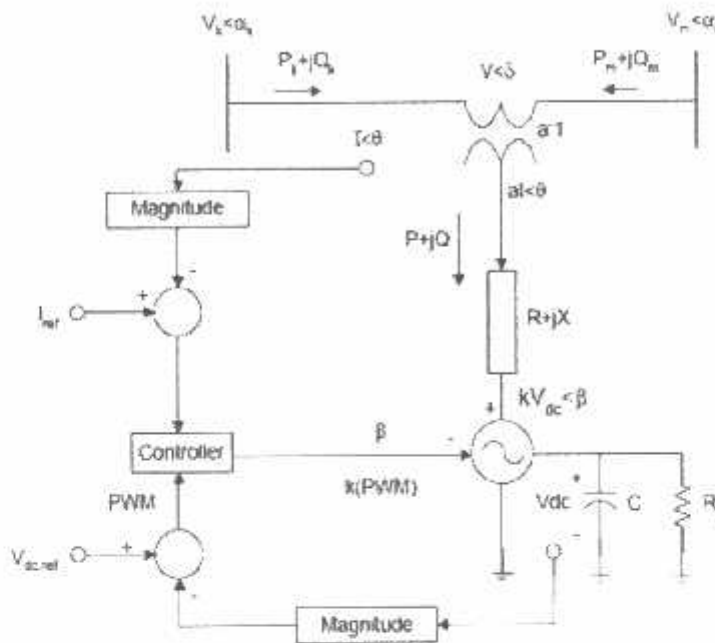
Gambar 3.7 Rangkaian *Voltage Source Inverter* 3 fasa

Pada pengoperasian inverter, *gate a* dan *a'* harus bekerja berkebalikan, agar tidak terjadi short circuit pada rangkaian yang akhirnya dapat merusak *switch device*. Tiap gate diaktifkan dengan sinyal pulsa yang dihasilkan oleh rangkaian pembangkit pulsa rangkaian PWM

### 3.4. Sistem Kontrol SSSC

Tujuan kontrol utama SSSC adalah secara langsung mengontrol arus, dan secara tidak langsung mengontrol aliran daya yang mengalir melalui saluran dengan mengontrol pertukaran daya reaktif antara SSSC dan sistem AC.

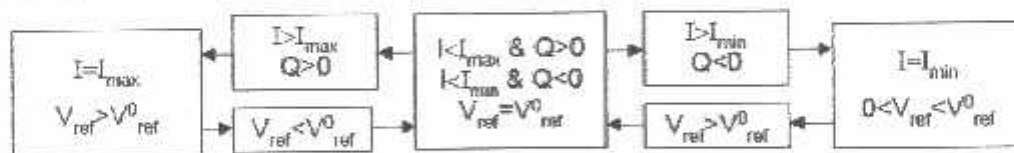
Batas-batas arus  $I$ , serta batas-batas lainnya pada variabel model kondisi mantap, seperti rasio modulasi diwakili oleh  $k$  atau sudut fase tegangan  $\alpha$ , dapat dimasukkan dalam model rangkaian seperti digambarkan sebagai contoh pada Gambar 3.9 di bawah ini



Gambar 3.8 Skema rangkaian kontrol SSSC

### 3.4.1. Regulator Arus dan Tegangan

Untuk menjelaskan model representasi yang sesuai, rincian matematis perangkat yang dapat dijelaskan dari Gambar 3.8 di atas. Dengan asumsi bahwa semua sinyal sinusoidal, daya sesaat mengalir ke inverter dari saluran dapat diwakili oleh :



$$p = 3VI \cos(\delta - \theta) \quad (3.2)$$

Di mana  $V$  dan  $I$  adalah nilai rms dari kontrol tegangan dan arus saluran,  $\theta$  dan  $\delta$  untuk fasa tegangan dan arus jaringan.

Untuk SSSC, Arus sistem AC dapat dikendalikan dengan menggunakan pergeseran fasa  $\beta$  antara arus saluran  $I_{ac}$  dan tegangan keluaran yang sesuai dari tegangan inverter  $V_{inv}$ , yaitu,

$$i_{ac} = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \gamma) \quad (3.3)$$

$$v_{inv} = \sqrt{2} k V_{dc} \sin(\omega t + \gamma + \beta) \dots\dots\dots(3.4)$$

Dengan Mengabaikan kerugian, besarnya tegangan rms inverter  $V_{inv}$  meningkat ketika  $\beta -90^\circ < \beta < 90^\circ$ , karena pengisian kapasitor ( $P > 0$ );  $V_{inv}$  menurun ketika  $\beta < -90^\circ$  atau  $\beta > 90^\circ$  karena kapasitor dilepas ( $P < 0$ ). Oleh karena itu, pemasangan kontroler ini disinkronisasikan seri dengan saluran.

Keseimbangan daya antara sisi AC dan DC yang diberikan oleh;  $V$  dan  $I$  yang merupakan nilai rms dari masing-masing kontrol tegangan dan arus, serta  $\theta$  dan  $\delta$  masing-masing untuk fasa tegangan dan arus jaringan.

Keseimbangan daya antara sisi AC dan DC dapat diwakili dengan persamaan:

$$p = 3VI \cos(\delta - \theta) = V_{dc} I_{dc} - 3\alpha^2 RI^2 \dots\dots\dots(3.5)$$

$$= V_{dc} \left\{ C \frac{dV_{dc}}{dt} + \frac{V_{dc}}{R_c} \right\} + 3\alpha^2 RI^2 \dots\dots\dots(3.6)$$

### 3. 5. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap SSSC

Prinsip dari SSSC adalah menerima dan memproses sinyal *error* dari sumber. Hasilnya kemudian dimasukan ke PWM *Voltage Source Converter* tiga fasa pada rangkaian utama. Dari hasil perhitungan arus referensi yang dihasilkan oleh sinyal *error* antara tegangan beban dengan tegangan referensi. Jadi sinyal yang diolah oleh PWM merupakan sinyal referensi yang diperoleh dari hasil perhitungan tersebut. Sinyal referensi ini kemudian dimodulasikan dengan sinyal *carrier* (*triangular wave*) yang berupa sinyal gigi gergaji (*saw tooth*). Sinyal *error* ini berbentuk sinusoidal yang dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji sebagai sinyal *carrier*. *Output* dari PWM di atas digunakan untuk mentrigger rangkaian *switching* yang terdiri atas 6 IGBT tiap fasa terdiri dari 2 IGBT.

### 3.6. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI) Pada SSSC

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding / proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukan.

Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

### 3.7. Kompensasi SSSC Pada Sistem Distribusi 20 kV

#### 3.7.1. Sistem Distribusi Tanpa Kompensasi SSSC

Hampir semua beban dalam sistem tenaga listrik didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, UPS dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan kestabilan tegangan. Untuk mengatasi permasalahan ini SSSC menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Ini mungkin dilakukan dengan adanya perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat, *full controllable* dan penggunaanya dapat dipadukan ke dalam sistem tenaga listrik baik sisi tegangan tinggi maupun tegangan rendah. Dalam hal ini SSSC dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol SPWM.

#### 3.7.2. Sistem Distribusi Dengan Kompensasi SSSC

Ketidakstabilan tegangan dalam sistem distribusi bisa menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Ketidakstabilan itu dapat diartikan tegangan pada suatu fasa lebih besar, lebih kecil atau berfluktuasi terhadap tegangan standar. Sedangkan akibat pemborosan energi listrik itu maka timbul panas sehingga bisa menyebabkan pertama kerusakan isolator peralatan yang dipakai. Kedua memperpendek daya isolasi pada lilitan. Sementara itu dengan ketidakseimbangan sebesar 3% saja dapat memperbesar suhu motor yang sedang beroperasi sebesar 18% dari keadaan semula. Hal ini tentunya akan menimbulkan suara bising pada motor dengan kecepatan tinggi.

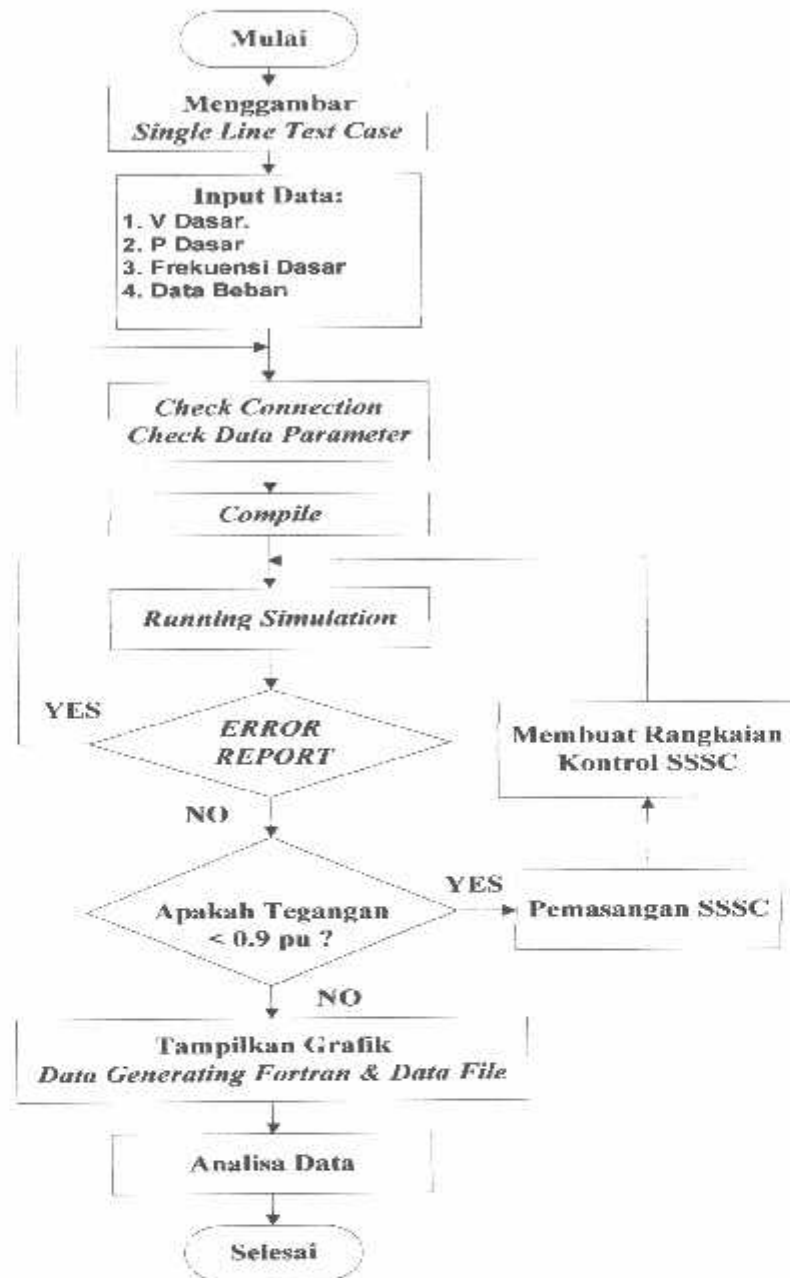
Untuk mengoptimalkan pemakaian energi listrik bisa digunakan beban-beban tiruan berupa LC yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian. Sehingga ketepatan dan keandalan dalam mendeteksi kualitas daya listrik bisa diperoleh. Pengendali itu berfungsi untuk mengolah komponen-komponen yang menentukan kualitas tenaga listrik. Seperti keseimbangan beban antar fasa dan harmonik. Apabila terdapat ketidakseimbangan antara fasa satu dengan fasa yang lainnya, maka pengendali akan memerintahkan beban-beban LC untuk membuka atau menutup agar arus disuplai ke fasa satu sehingga selisih arus antara fasa satu dengan fasa yang lainnya tidak ada. Banyaknya L atau C yang dibuka atau ditutup tergantung dari kondisi ketidakseimbangan beban yang terdeteksi oleh pengontrol. Komponen LC yang dimaksudkan diatas sudah terintegrasi dalam peralatan SSSC.

---



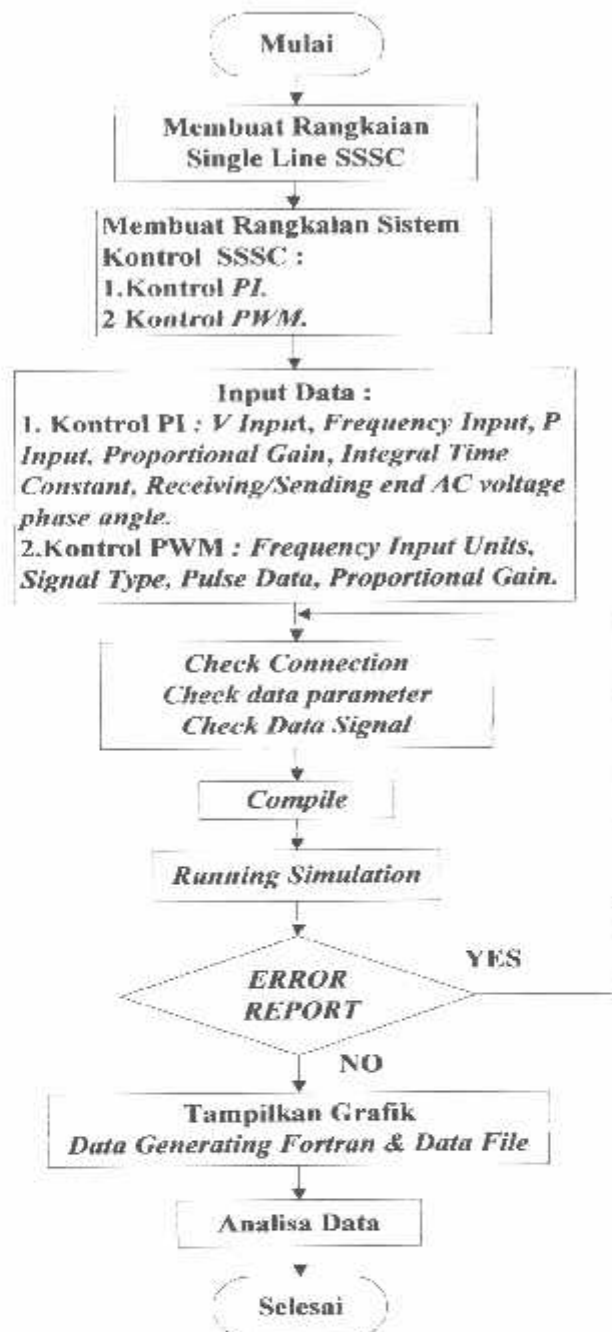
### 3.8. Flowchart.

#### 3.8.1. Flowchart Simulasi Sistem SSSC



Gambar 3.9. Flowchart Simulasi Sistem dengan SSSC menggunakan PSCAD/EMTDC.

### 3.8.2.1. Flowchart Desain Kontrol SSSC



Gambar 3.10.

Flowchart desain kontrol dengan SSSC menggunakan PSCAD/EMTDC.

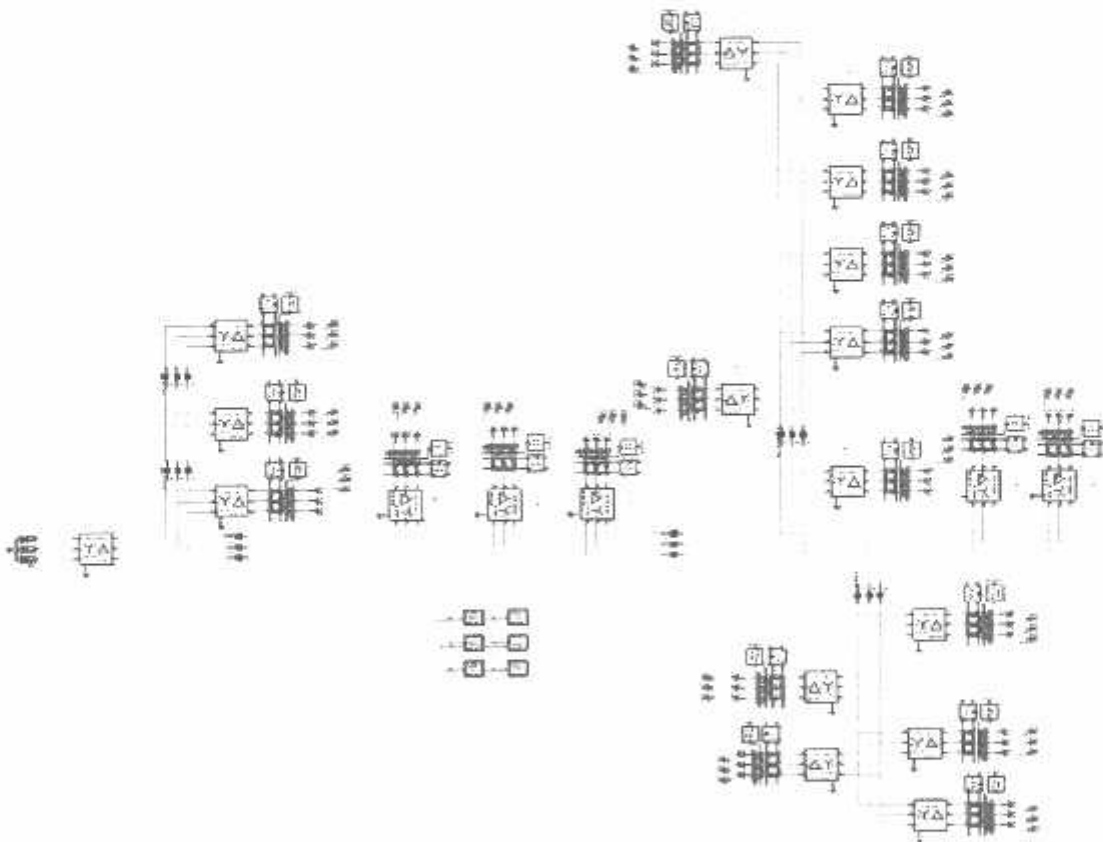
## BAB IV

### SIMULASI DAN ANALISA HASIL

#### 4.1. *Single Line* Sistem Distribusi 20 kV

Perkembangan industri dan meningkatnya kebutuhan akan ketersediaan energi listrik yang baik di Kalimantan Timur sangatlah pesat, tapi hal ini tidak didukung oleh penyediaan sumber energi listrik yang memadai. Dengan sumber daya energi yang terbatas, dalam hal ini PLN dituntut untuk memberikan pelayanan yang optimal dalam penyaluran energi listrik. Salah satu caranya adalah dengan memaksimalkan kualitas tegangan pada penyulang-penyulang PLN.

Untuk mensimulasikan sistem dari G.I Sambutan Kalimantan Timur penyulang kledang menggunakan *software PSCAD/EMTDC Power Simulation*, maka terlebih dahulu kita harus menggambarkan sistem tersebut pada lembar kerja. Kemudian dijalankan sesuai urutan langkah kerja untuk memperoleh hasil simulasi dan menganalisa hasilnya.



Gambar 4.1. *Single Line* penyulang distribusi

4.2. Data Sistem Distribusi pada G.I Sambutan Penyulang Kledang.

4.2.1. Data Saluran Distribusi.

Untuk pengisian data parameter menggunakan program *PSCAD Power Simulation* maka perlu data-data saluran yang tercantum pada tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data Saluran

No	PLTD	Penyulang	konduktor			Panjang jaringan	Jumlah GD
			jenis	Ukuran (mm)	panjang (m)		
1	Karang Asam	Expres Keledang-Kukar	AAAC	150	7.412	7.412	-
2	Karang Asam	Kukar	AAAC	150	4.15	5.36	11
			AAACOC	150	1.217		
3	Karang Asam	Keledang	AAAC	150	2.918	5.496	14
			AAAC	70	374		
			AAAC	35	2.204		
4	Karang Asam	Kukar	AAAC	150	2.43	14.745	16
			AAAC	70	12.313		
5	Karang Asam	Kukar	AAAC	150	38.888	60.595	23
			AAAC	70	20.583		
			AAAC	150	1.124		
6	Karang Asam	Keledang	AAAC	150	3.164	54.59	32
			AAAC	70	28.84		
			AAAC	35	22.586		
7	Kukar	Jatibaru	AAAC	150	7.287	19.27	19
			AAAC	70	11.983		
8	Kukar	Expres	AAAC	150	3.59	7.352	6

		Awang Long					
			AAACOC	150	3.762		
9	Kukar	Expres Bolo	AAAC	150	17.655	18.415	2
			ACSR	95	760		
10	Keledang	Teluk Dalam	AAAC	150	39.421	86.026	38
			AAAC	70	34.848		
			AAAC	35	11.757		
11	Keledang	Bukit Pinang	AAAC	150	16.271	56.169	18
			AAAC	70	14.384		
12	Keledang	Expres Simpang Pasir	AAAC	150	60.589	74.973	7
			AAAC	70	14.384		

4.2.2 Data Pembebanan

Adapun pengisian data-data pada pembebanan penyulang distribusi yang tercantum pada table 4.2 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2. Data Pembebanan

No	No Gardu	Lokasi	Daya (KVA)	Beban Puncak	%
1	GD.12	Jl. Aminah syukur	200	127	63
2	GD.32	Jl. Alimuddin	100	54	54
3	GD.15	Jl. Jelawat	150	123	82
4	GD.20	Jl. Daman Huri	200	154	77
5	GD.24	Jl. Kehewanan	200	139	70
6	GD.31	Jl. Naga Timur	200	138	69

7	GD.35	Jl. Diponegoro	160	87	55
8	GD.42	Ds. Simpang Pasir	160	98	61
9	GD.55	Jl. Sutomo	250	177	71
10	GD.51	Jl. A.W.Syahrabi	160	80	50
11	GD.22	Jl. Padat Karya	100	72	72
12	GD.43	Ds. Rimbawan	200	78	39
13	GD.58	Jl. Arjuna	160	119	75
14	GD.69	Jl. Senaru	160	105	65
15	GD.71	Ds. Bukit Pinang	160	141	88
16	GD.80	GOR. Rempaja	160	147	92
17	GD.29	Ds. Awang Long	150	116	77
18	GD.11	Jl. Slamet Riadi	160	102	64
19	GD.28	Jl. Hasanuddin	160	112	70
20	GD.63	Jl. Suropati	160	100	63

Data PT. PLN (Persero) Sektor Mahakam Penyulang kledang 2010

4.2.3 Data Tegangan dan Aliran Daya

Dari hasil analisa data menggunakan program *PSCAD Power Simulation* maka didapat hasil analisa aliran daya yang didapat dari simulasi PSCAD pada saluran telah dicatat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3. Data Aliran Daya

No.	No. Gardu	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	GD.12	0,9961	121,191	93,471
2	GD.32	1,0350	53,963	36,102
3	GD.15	1,0258	123,741	100,538
4	GD.20	1,0108	164,025	85,118
5	GD.24	1,0031	141,800	123,708
6	GD.31	1,0150	128,688	94,540
7	GD.35	1,0255	90,733	70,118
8	GD.42	0,9966	101,150	76,004
9	GD.55	0,9924	161,910	132,060
10	GD.51	0,9974	90,095	75,127

11	GD.22	1,0075	80,055	66,561
12	GD.43	1,0175	80,232	73,633
13	GD.58	0,9919	114,159	82,680
14	GD.69	0,9921	100,724	89,229
15	GD.71	0,9998	156,788	104,065
16	GD.80	1,0260	146,117	85,325
17	GD.29	1,0393	138,032	99,295
18	GD.11	1,0387	99,952	80,483
19	GD.28	1,0061	110,258	89,457
20	GD.63	1,0254	106,542	90,146

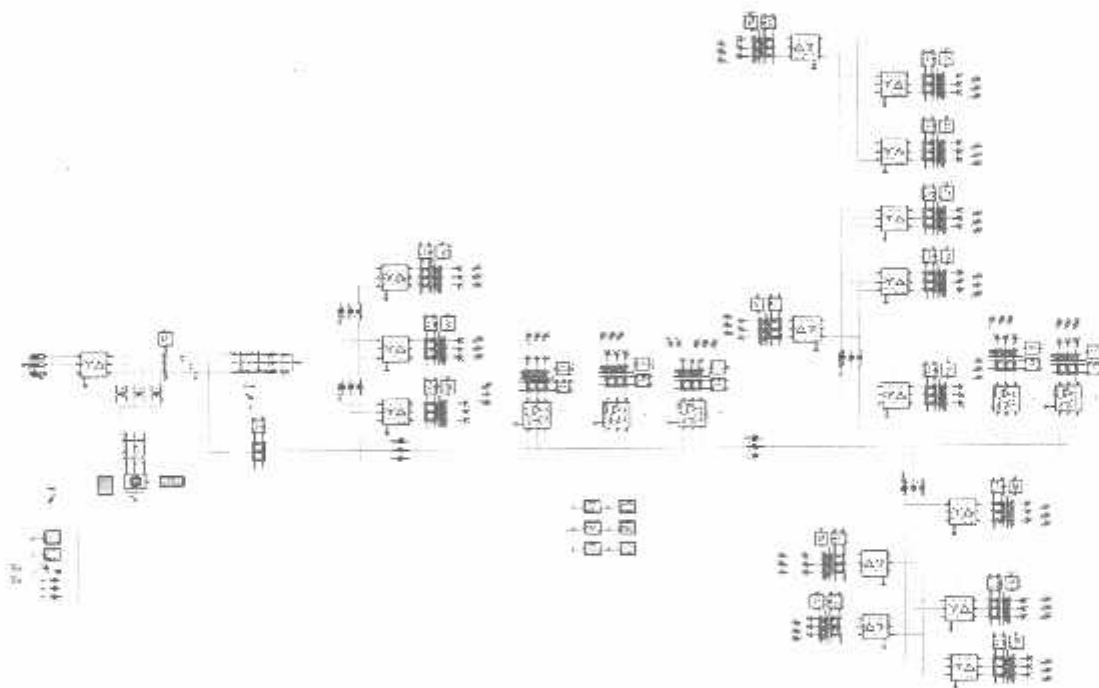
Data hasil pengolahan data menggunakan software PSCAD/EMTDC.



### 4.3 Solusi Perbaikan Profil Tegangan dengan SSSC Pada Software PSCAD/EMTDC Power Simulation

Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation merupakan *graphical user interface* yang fleksibel dan *powerful*. Dengan *software* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan dengan *software* PSCAD.

Sekarang kita akan menunjukkan operasi normal dari SSSC melalui simulasi menggunakan PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation. Parameter sistem diberikan pada Tabel 2.1, 2.2 dan 2.3. *Single Line G.1* Sambutan setelah pemasangan SSSC diperlihatkan pada gambar. 4.2 dibawah.

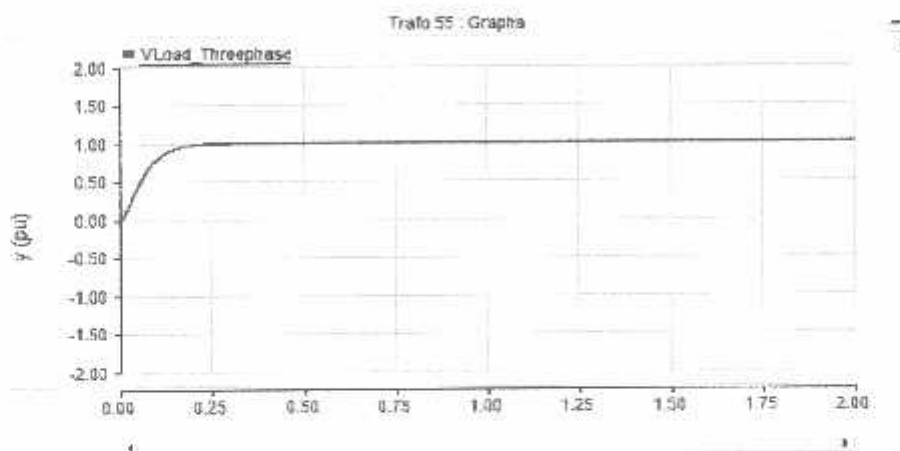


Gambar 4.2 *Singleline* penyulang distribusi 20 kV dengan SSSC menggunakan software PSCAD

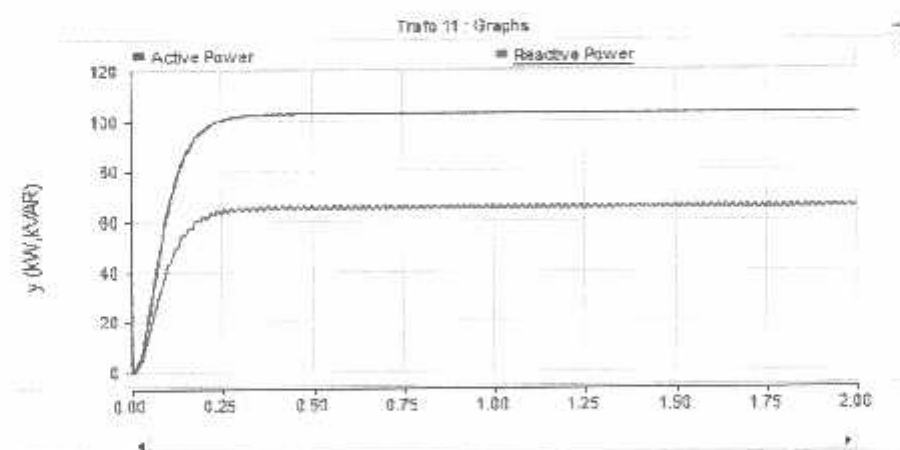
#### 4.4. Hasil dan Analisa Hasil Perbaikan Profil Tegangan dengan Menggunakan SSSC

##### 4.4.1. Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Pemasangan SSSC

Pada simulasi awal, Komponen SSSC tidak melakukan kompensasi sama sekali. SSSC ini belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban dan tidak memberikan suplai VAR maupun Penyerapan VAR pada beberapa kondisi pengujian, maka akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan SSSC.



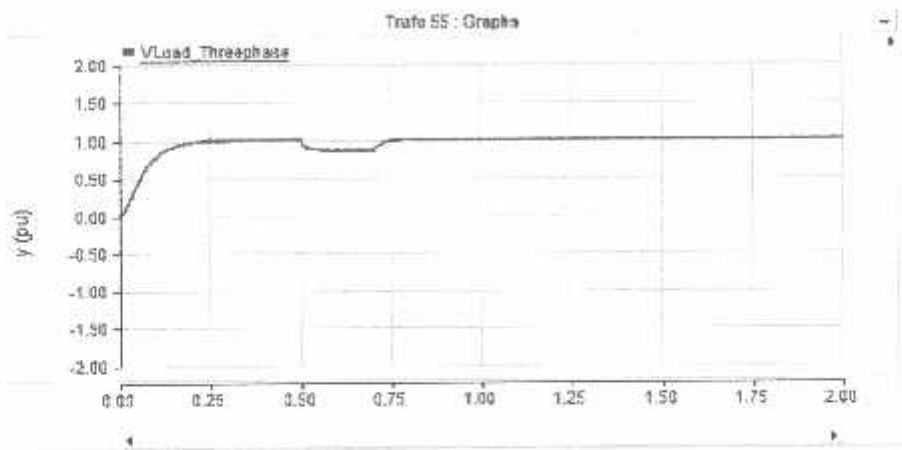
Grafik 4.1 Bentuk gelombang tegangan tanpa gangguan



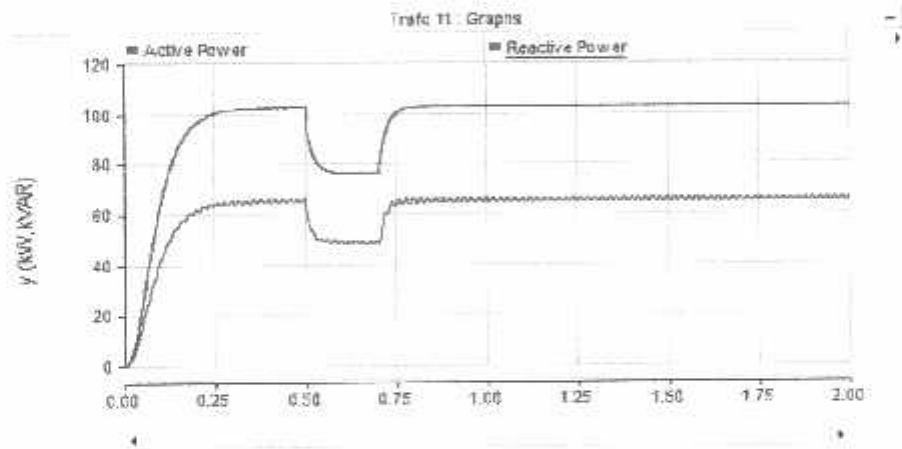
Grafik 4.2 Bentuk gelombang daya aktif dan reaktif tanpa gangguan

Pada grafik 4.1 dan grafik 4.2 di atas diatas dapat dilihat sistem belum mengalami gangguan sama sekali, Ini dapat dilihat dimana tegangan  $V = 1$  pu.

4.4.2. Sistem setelah mengalami gangguan *Voltage sags* selama (500-700 ms) tanpa SSSC



Grafik 4.3 Bentuk gelombang tegangan setelah terjadi gangguan jatuh tegangan



Grafik 4.4 Bentuk gelombang daya aktif dan daya reaktif, saat terjadi jatuh tegangan

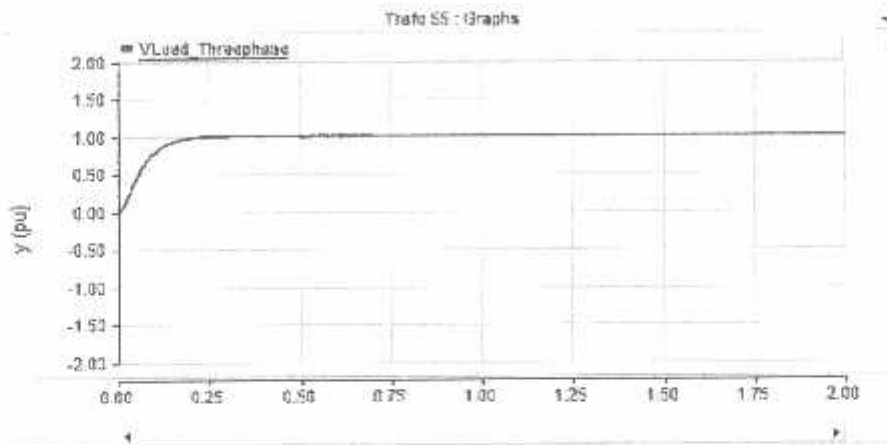
Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Saat Terjadi Jatuh Tegangan Tanpa Kompensasi SSSC

No.	No. Gardu	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	GD.12	0,8575	84,191	63,713
2	GD.32	0,8623	35,963	29,500
3	GD.15	0,8904	84,741	69,837
4	GD.20	0,8782	141,025	63,180
5	GD.24	0,8615	100,800	89,443
6	GD.31	0,8866	90,688	71,805
7	GD.35	0,8780	72,733	58,304
8	GD.42	0,8936	81,150	53,848
9	GD.55	0,8799	139,910	82,602
10	GD.51	0,8716	74,095	57,858
11	GD.22	0,8745	65,055	41,075
12	GD.43	0,9064	60,232	49,173
13	GD.58	0,8947	81,159	67,592
14	GD.69	0,8879	100,724	64,553
15	GD.71	0,8715	118,788	94,808
16	GD.80	0,8818	122,117	69,905
17	GD.29	0,8817	115,032	85,079
18	GD.11	0,8929	79,952	51,460
19	GD.28	0,8734	91,258	62,217
20	GD.63	0,8874	80,542	65,003

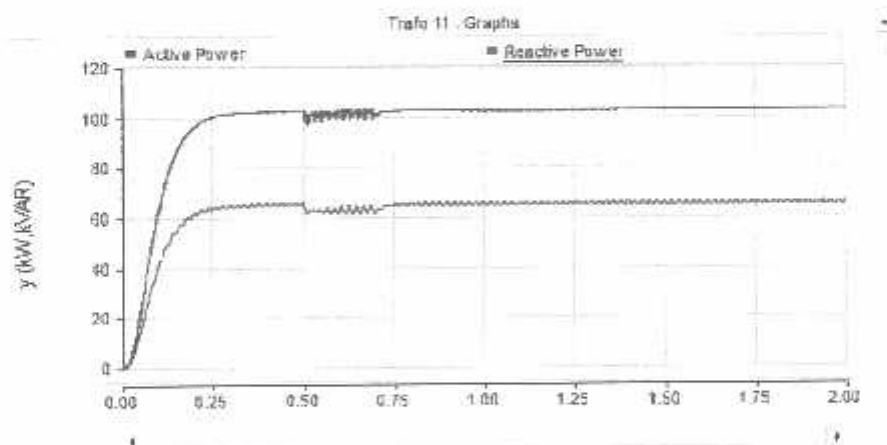
Pada kondisi gangguan tampak di grafik 4.2 tegangan dan daya mengalami penurunan sesaat setelah terjadinya gangguan. Pada keadaan jatuh tegangan dalam selang waktu (0.5 – 0.7) s di tabel 4.4, Tegangan mengalami penurunan sebesar 0.85 pu.

#### 4.4.2 Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah kompensasi SSSC

Pada grafik 4.7 setelah melakukan kompensasi dengan SSSC dapat dijelaskan bahwa selama kompesasi dengan SSSC tegangan mengalami perubahan. Pada tabel 4.5 dapat dilihat hasil perhitungan menggunakan kompensasi SSSC disaat terjadi jatuh tegangan pada selang waktu 0,5-0,7s.



Grafik 4.5 Bentuk gelombang tegangan saat gangguan jatuh tegangan dengan kompensasi SSSC



Grafik 4.6 Bentuk gelombang daya aktif dan daya reaktif saat terjadi jatuh tegangan dengan kompensasi SSSC

Tabel 4.5. Hasil Perhitungan Saat Terjadi gangguan *voltage sags* Setelah Kompensasi  
SSSC

No.	No. Gardu	Tegangan (pu)	P (kW)	Q (kVAR)
1	GD.12	1,0075	118,421	91,713
2	GD.32	1,0113	50,721	34,500
3	GD.15	1,0331	120,025	98,837
4	GD.20	1,0360	161,173	83,180
5	GD.24	1,0475	139,707	110,443
6	GD.31	1,0282	125,231	92,805
7	GD.35	1,0441	87,241	68,304
8	GD.42	1,0346	99,503	73,848
9	GD.55	1,0388	159,012	130,602
10	GD.51	1,0357	87,931	73,850
11	GD.22	1,0254	74,510	64,075
12	GD.43	1,0487	77,311	61,173
13	GD.58	1,0439	111,118	80,592
14	GD.69	1,0368	97,532	86,553
15	GD.71	1,0352	153,400	100,038
16	GD.80	1,0468	143,925	81,905
17	GD.29	1,0415	135,115	96,079
18	GD.11	1,0450	98,271	62,460
19	GD.28	1,0327	107,385	86,217
20	GD.63	1,0381	103,251	84,003

4.4.3. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum dan Sesudah Pemasangan SSSC.

Untuk mengetahui kerja SSSC maka yang dilakukan adalah mencari perbedaan dengan melakukan perbandingan nilai tegangan dan daya tiap trafo dengan simulasi yang terdiri dari kondisi saat gangguan dengan SSSC dan tanpa SSSC.

Tabel 4.6. Perbandingan Jatuh Tegangan Tanpa Kompensasi SSSC dan Dengan SSSC

No.	No. Gardu	Tegangan Sebelum Pemasangan SSSC (pu)	Tegangan Setelah Pemasangan SSSC (pu)	Optimasi Perbaikan Tegangan (%)
1	GD.12	0,8575	1,0075	14,8
2	GD.32	0,8623	1,0113	14,7
3	GD.15	0,8904	1,0331	13,8
4	GD.20	0,8782	1,0360	15,2
5	GD.24	0,8615	1,0475	17,7
6	GD.31	0,8866	1,0282	13,7
7	GD.35	0,8780	1,0441	15,9
8	GD.42	0,8936	1,0346	13,6
9	GD.55	0,8799	1,0388	15,2
10	GD.51	0,8716	1,0357	15,8
11	GD.22	0,8745	1,0254	14,7
12	GD.43	0,9064	1,0487	13,5
13	GD.58	0,8947	1,0439	14,4
14	GD.69	0,8879	1,0368	14,3
15	GD.71	0,8715	1,0352	15,8
16	GD.80	0,8818	1,0468	15,7
17	GD.29	0,8817	1,0415	15,3
18	GD.11	0,8929	1,0450	14,5
19	GD.28	0,8734	1,0327	15,4
20	GD.63	0,8874	1,0381	14,5

Dari perbandingan tegangan saat gangguan jatuh tegangan dengan SSSC dan tanpa SSSC pada Tabel 4.6 didapat rata-rata perbaikan optimasi tegangan 14,18 % .



#### 4.5. Perhitungan Optimasi Kualitas Tegangan :

Untuk mengetahui seberapa besar perbaikan tegangan yang didapat maka kita perlu melakukan perhitungan optimasi perbaikan kualitas tegangan, Sehingga kita dapat mengetahui seberapa besar nilai perbaikan tegangan yang didapat dari tiap trafo.

$V_{\text{optimasi}}$  Pada Trafo GD.12 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\% \\ &= \frac{1,0075 \text{ (pu)} - 0,8575 \text{ (pu)}}{1,0075 \text{ (pu)}} \times 100\% \\ &= 14,8 \% \end{aligned}$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada Trafo GD.32 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\% \\ &= \frac{1,0113 \text{ (pu)} - 0,8623 \text{ (pu)}}{1,0113 \text{ (pu)}} \times 100\% \\ &= 14,7 \% \end{aligned}$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.15 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\% \\ &= \frac{1,0331 \text{ (pu)} - 0,8904 \text{ (pu)}}{1,0331 \text{ (pu)}} \times 100\% \\ &= 13,8 \% \end{aligned}$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.20 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\% \\ &= \frac{1,0360 \text{ (pu)} - 0,8782 \text{ (pu)}}{1,0360 \text{ (pu)}} \times 100\% \\ &= 15,2 \% \end{aligned}$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.24 :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\% \\ &= \frac{1,0475 \text{ (pu)} - 0,8615 \text{ (pu)}}{1,0475 \text{ (pu)}} \times 100\% \\ &= 13,7 \% \end{aligned}$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.31 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$


---

$$= \frac{1,0282 \text{ (pu)} - 0,8866 \text{ (pu)}}{1,0282 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 13,7 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.35 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0441 \text{ (pu)} - 0,8780 \text{ (pu)}}{1,0441 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 15,9 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.42 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0346 \text{ (pu)} - 0,8936 \text{ (pu)}}{1,0346 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 13,6 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.55 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0388 \text{ (pu)} - 0,8799 \text{ (pu)}}{0,8799 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 15,2 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.51 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0357 \text{ (pu)} - 0,8716 \text{ (pu)}}{1,0357 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 15,8 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.22 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0254 \text{ (pu)} - 0,8745 \text{ (pu)}}{1,0254 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 14,7 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.43 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0487 \text{ (pu)} - 0,9064 \text{ (pu)}}{1,0487 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 13,5 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.58 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0439 \text{ (pu)} - 0,8947 \text{ (pu)}}{1,0439 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 14,4 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.69 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0357 \text{ (pu)} - 0,8716 \text{ (pu)}}{1,0357 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 14,3 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.71 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0352 \text{ (pu)} - 0,8715 \text{ (pu)}}{1,0352 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 15,8 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.80 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0468 \text{ (pu)} - 0,8818 \text{ (pu)}}{1,0468 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 15,7 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.29 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0415 \text{ (pu)} - 0,8817 \text{ (pu)}}{1,0415 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 15,3 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.11:

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0450 \text{ (pu)} - 0,8929 \text{ (pu)}}{1,0450 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 14,5 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.28:

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0327 \text{ (pu)} - 0,8734 \text{ (pu)}}{1,0357 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 15,4 \%$$

$V_{\text{optimasi}}$  Pada trafo GD.63 :

$$V_{\text{optimasi}} = \frac{V \text{ with SSSC} - V \text{ without SSSC}}{V \text{ with SSSC}} \times 100\%$$

$$= \frac{1,0381 \text{ (pu)} - 0,8874 \text{ (pu)}}{1,0381 \text{ (pu)}} \times 100\%$$

$$= 14,5 \%$$


---



## BAB V

### P E N U T U P

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa pemasangan SSSC untuk mempertahankan kualitas tegangan pada G.I Sambutan penyulang kledang dapat di simpulkan sebagai berikut :

- (a) Pemasangan SSSC mampu mempertahankan kualitas tegangan dari 0.8575 (pu) ke 1.0075 (pu) dengan optimasi perbaikan tegangan sebesar 14,8%, pada trafo yang lain dapat dilihat pada tabel 4.6.
- (a) Pemasangan SSSC juga mampu menaikkan daya aktif dari 84,191 kW menjadi 118,421 kW.

#### 5.2. Saran-Saran

Untuk menganalisis *voltage Sag*, sebaiknya dilakukan pada tempat-tempat yang memiliki pemakaian beban yang besar dan jika memungkinkan sebaiknya dapat diperoleh data lapangan yang mencatat waktu terjadinya *voltage Sag* agar diperoleh data gangguan yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A. M. El-Zonkoly, "Optimal Sizing of SSSC Controllers to Minimize Transmission Loss and a Novel Model of SSSC to Study Transient Response" World Academy of Science, Engineering and Technology 24 2006
- [2]. Basri, Hasan " Sistem Distribusi Daya Listrik, " (Jakarta : ISTN, 1997)
- [3]. Dr. Nadarajah Mithulananthan, Mr. Arthit Sode-yome and Mr. Naresh Acharya School, "Application of FACTS Controllers in Thailand Power Systems", RTG Budget-Joint Research Project, Fiscal-Year 2005.
- [4]. Saadat, Hadi, "Power System Analysis," Singapore : Mc Graw Hill Inc, 1999.
- [5]. Steven William D,Jr. " Analisa Sistem Tenaga Listrik," Edisi Ke-4, Erlangga, Jakarta, 1993.







## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 : Single Line Diagram Sistem Samarinda

Lampiran 2 : Data Trafo 20kV

Lampiran 3 : Data Teknis PT, PLN Persero Sektor Mahakam Penyulang Kledang

*Ir. Choirul Saleh, NPT*  
*Ir. Yusuf Ismail N, MT*

*[Signature]*  
 $\frac{31}{3/0}$

MAKALAH PROPOSAL SKRIPSI

ANALISA PEMASANGAN *STATIC SYNCHRONOUS SERIES*  
*COMPENSATOR* UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION*  
PADA PLTG SAMBERA KALIMANTAN TIMUR



Disusun oleh :

Adi Pranata

03.12.002

Maret 2010

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK S-1

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S - 1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK



**ANALISA PEMASANGAN *STATIC SYNCHRONOUS SERIES*  
*COMPENSATOR* UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN  
MENGUNAKAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION*  
PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 kV G.I SAMBUTAN  
KALIMANTAN TIMUR**

**MAKALAH SEMINAR HASIL**

Disusun Oleh :


ADI PRANATA  
03.12.002


Malang, Agustus 2011

Diperiksa dan disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

  
(Ir. Choirul Saleh, MT)  
NIP. Y. 1018800190

  
(Ir. Yusuf Ismail Makhoda, MT)  
NIP. Y. 1012800189



FORMULIR PENGAJUAN JUDUL SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO/T. ENERGI LISTRIK S-1

1.	Nama Mahasiswa : <b>ADIPRANATA</b>	Nim : <b>03.12.002</b>
2.	Waktu Pengajuan :	Tanggal <b>20</b>
		Bulan <b>FEBUARI</b>
		Tahun <b>2010</b>
3.	Spesifikasi Judul a. Sistem Tenaga Elektrik b. Energi & Konversi Energi c. Tegangan Tinggi & Pengukuran d. Sistem Kendali Industri e. Elektronika & Komponen f. Elektro Digital & Komputer g. Elektronika Komunikasi h. lainnya .....	
4.	Konsultasikan judul sesuai materi bidang ilmu kepada Dosen ) :  <b>Ir. Choirul Saleh, MT</b>	Ketua Jurusan  <b>Ir. Yudi Limpraptono, MT</b> NIP. Y. 1039500274
5.	Judul yang diajukan Mahasiswa :	<b>ANALISA PEMASANGAN <i>STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR</i> UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL TEGANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE <i>PSCAD/EMTDC</i> POWER SIMULATION PADA PLTG SAMBERA KALIMANTAN TIMUR</b>
6.	Perubahan Judul yang Disetujui Dosen materi bidang ilmu	
7.	<b>Cacatan :</b>	
8.	Persetujuan Judul Skripsi yang dikonsultasikan kepada Dosen materi bidang ilmu	Disetujui, Februari 2010 Dosen <b>Ir. Choirul Saleh, MT</b>

**Perhatian :**

1. Formulir Pengajuan ini harap dikembalikan ke Jurusan paling lambat **satu minggu** setelah disetujui Kelompok Dosen Keahlian dengan dilampirkan Proposal Skripsi beserta persyaratan Skripsi sesuai **Form. S-1**.
2. \*) dilingkari a, b, c, ....atau f, sesuai bidang Keahlian.
3. \*\*) diisi oleh Jurusan.

Form.S-2



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. JNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 27 Juli 2011

Nomor : ITN-456/ITA/2/11  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr./i. **IR. H. CHOIRUL SALEH, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi  
Untuk Mahasiswa :

Nama : ADI PRANATA  
Nim : 0312002  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik **ENERGI LISTRIK**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai  
tanggal :

30 Januari 2011 s/d 30 Juli 2011

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima  
kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
Nip. Y.1018800189

Tembusan Kepada Yth :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip
3. Coret yang tidak perlu

Form. S 4a



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK**

PT. BNI (PERSEKUTUHAN) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sugura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karang 3, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Malang, 27 Juli 2011

Nomor : ITN-455/I.TA/2/11  
Lampiran : -  
Perihal : BIMBINGAN SKRIPSI

Kepada : Yth. Sdr./i. **IR. YUSUF ISMAIL NAKHODA, MT**  
Dosen Institut Teknologi Nasional Malang

Dosen Pembimbing  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
di  
Malang

Dengan hormat  
Sesuai dengan permohonan dan persetujuan dalam Proposal Skripsi  
Untuk Mahasiswa :

Nama : ADI PRANATA  
Nim : 0312002  
Fakultas : Teknologi Industri  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik **ENERGI LISTRIK**

Maka dengan ini pembimbingan tersebut kami serahkan sepenuhnya  
kepada Saudara/i selama masa waktu (enam) 6 bulan, terhitung mulai  
tanggal :

30 Januari 2011 s/d 30 Juli 2011

Sebagai satu syarat untuk menempuh ujian Sarjana Teknik,  
Jurusan Teknik Elektro S-1  
Demikian agar maklum dan atas perhatian serta bantuannya kami sampaikan terima  
kasih



Ketua Jurusan  
Teknik Elektro S-1

*(Signature)*  
**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
Nip. Y.1018800139

Tembusan Kepada Yth. :

1. Mahasiswa Yang Bersangkutan
2. Arsip
3. Corat yang tidak perlu

Form. S 4a



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ADI PRANATA  
Nim : 03.12.002  
Masa Bimbingan : 27 JANUARI s/d 27 JULI 2011  
Judul Skripsi : **ANALISA PEMASANGAN STATIC SYNCHRONOUS SERIES  
COMPENSATOR UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL  
TEGANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC  
POWER SIMULATION PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 kV  
G.I SAMBUTAN KALIMANTAN TIMUR**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	14-08-2010	BAB I : Tambahkan penjelasan kondisi ketenaga listrikan yang terjadi pada tempat survey	
2.	22-08-2010	BAB II : Tambahkan uraian teori	
3.	07-08-2011	BAB IV: Tambahkan tabel optimasi perbaikan tegangan dalam bentuk persen	
4.	07-08-2011	Acc BAB I	
5.	07-08-2011	Acc BAB II	
6.	07-08-2011	Acc BAB III	
7.	07-08-2011	Acc BAB IV	
8.	07-08-2011	Acc seminar hasil	
9.			
10.			

Malang 2011  
Dosen Pembimbing,

**Ir. H. Choirul Saleh**  
NIP.Y. 1018800190



### FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : ADI PRANATA  
Nim : 03.12.002  
Masa Bimbingan : 27 JANUARI s/d 27 JULI 2011  
Judul Skripsi : **ANALISA PEMASANGAN STATIC SYNCHRONOUS SERIES  
COMPENSATOR UNTUK MEMPERBAIKI PROFIL  
TEGANGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC  
POWER SIMULATION PADA SALURAN DISTRIBUSI 20 KV  
G.I SAMBUTAN KALIMANTAN TIMUR**

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	08-08-2011	Perbaiki cara penulisan pada semua bab	
2.	08-08-2011	Acc BAB I	
3.	08-08-2011	Acc BAB II	
4.	08-08-2011	Acc BAB III	
5.	08-08-2011	Acc BAB IV	
6.	08-08-2011	Acc seminar hasil	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang 2011

Dosen Pembimbing,

**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
**NIP. Y. 108800189**

Form S-4b





## PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Dari hasil ujian skripsi Jurusan Teknik Elektro jenjang strata satu (S-1) yang diselenggarakan pada :

Hari : Sabtu  
Tanggal : 20 Agustus 2011  
Telah dilakukan perbaikan skripsi oleh :


1. Nama : Adi Pranata
2. NIM : 03.12.002
3. Jurusan : Teknik Elektro
4. Konsentrasi : Teknik Energi Listrik
5. Judul Skripsi : Analisa pemasangan *static synchronous series compensator* untuk memperbaiki profil tegangan menggunakan *software pscad/emtdc power simulation* pada saluran distribusi 20 kV G.I sambutan kalimantan timur

Perbaikan meliputi :

No	Materi Perbaikan	Ket
1.	Simulasi hanya dilakukan pada satu feeder/semua feeder? Jika satu feeder tuliskan dibatasan masalah.	Ah
2.	Pada kesimpulan, Sebelum dipasang SSSC kondisi seperti apa, Setelah dipasang SSSC kondisi seperti apa?	h
3.	Pada tabel dan gambar hanya 20 node dalam simulasi 31 node	h
4.	Simulasinya disesuaikan dengan data G.I yang anda bahas	A
5.	Perbaiki/penjelasan tentang kontrol SSSC	A
6.	Ganti tabel hasil analisa	A

Disetujui :

Penguji I


  
**Ir. Taufik Hidayat, MT**  
NIP.Y.1018700151

Penguji II

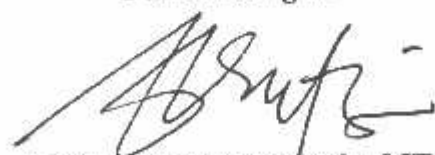
  
**Awan Uji Krismanto, ST, MT**  
NIP.198003012005011002

Mengetahui,

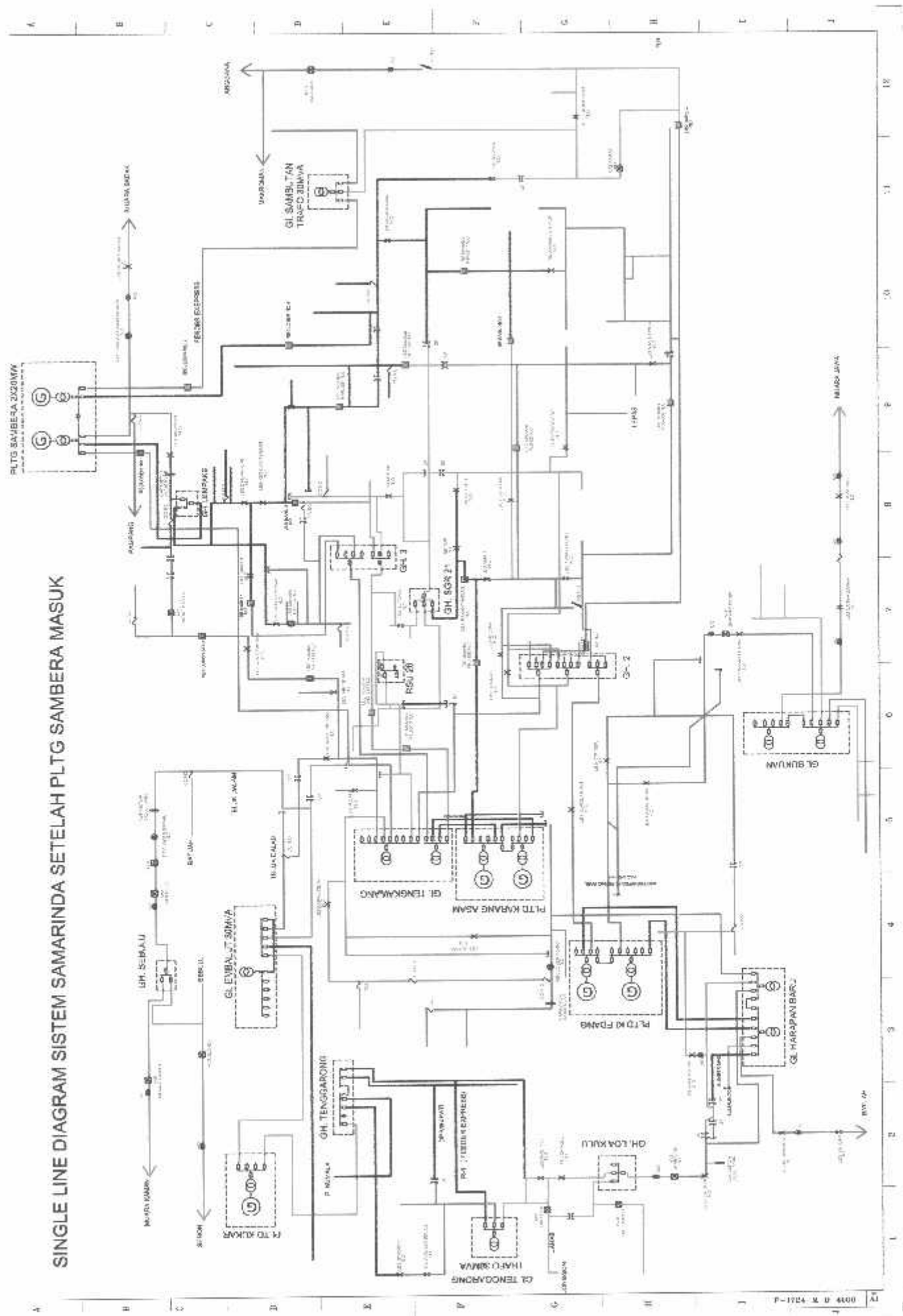
Pembimbing I

  
**Ir. Choirul Saleh, MT**  
NIP.Y.1028700172

Pembimbing II

  
**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
NIP.Y.108800189

# SINGLE LINE DIAGRAM SISTEM SAMARINDA SETELAH PLTG SAMBERA MASUK





PT. PLN (Persero)  
WILAYAH KALTIM SEKTOR MALAKAM  
PLTD KUPANG

DATA TRAFODISTRIBUSI 20 KV

No	No. Cid	ALAMAT	DAYA (KVA)	TRF (VA)	TGL UKU-K	JAM UKU-K	JURUSAN A			JURUSAN B			JURUSAN C			JURUSAN D			JURUSAN E			JURUSAN F			JURUSAN G			JURUSAN H			JURUSAN I			JURUSAN J			JURUSAN K			JURUSAN L			JURUSAN M			JURUSAN N			JURUSAN O			JURUSAN P			JURUSAN Q			JURUSAN R			JURUSAN S			JURUSAN T			JURUSAN U			JURUSAN V			JURUSAN W			JURUSAN X			JURUSAN Y			JURUSAN Z			JURUSAN AA			JURUSAN AB			JURUSAN AC			JURUSAN AD			JURUSAN AE			JURUSAN AF			JURUSAN AG			JURUSAN AH			JURUSAN AI			JURUSAN AJ			JURUSAN AK			JURUSAN AL			JURUSAN AM			JURUSAN AN			JURUSAN AO			JURUSAN AP			JURUSAN AQ			JURUSAN AR			JURUSAN AS			JURUSAN AT			JURUSAN AU			JURUSAN AV			JURUSAN AW			JURUSAN AX			JURUSAN AY			JURUSAN AZ			JURUSAN BA			JURUSAN BB			JURUSAN BC			JURUSAN BD			JURUSAN BE			JURUSAN BF			JURUSAN BG			JURUSAN BH			JURUSAN BI			JURUSAN BJ			JURUSAN BK			JURUSAN BL			JURUSAN BM			JURUSAN BN			JURUSAN BO			JURUSAN BP			JURUSAN BQ			JURUSAN BR			JURUSAN BS			JURUSAN BT			JURUSAN BU			JURUSAN BV			JURUSAN BW			JURUSAN BX			JURUSAN BY			JURUSAN BZ			JURUSAN CA			JURUSAN CB			JURUSAN CC			JURUSAN CD			JURUSAN CE			JURUSAN CF			JURUSAN CG			JURUSAN CH			JURUSAN CI			JURUSAN CJ			JURUSAN CK			JURUSAN CL			JURUSAN CM			JURUSAN CN			JURUSAN CO			JURUSAN CP			JURUSAN CQ			JURUSAN CR			JURUSAN CS			JURUSAN CT			JURUSAN CU			JURUSAN CV			JURUSAN CW			JURUSAN CX			JURUSAN CY			JURUSAN CZ			JURUSAN DA			JURUSAN DB			JURUSAN DC			JURUSAN DD			JURUSAN DE			JURUSAN DF			JURUSAN DG			JURUSAN DH			JURUSAN DI			JURUSAN DJ			JURUSAN DK			JURUSAN DL			JURUSAN DM			JURUSAN DN			JURUSAN DO			JURUSAN DP			JURUSAN DQ			JURUSAN DR			JURUSAN DS			JURUSAN DT			JURUSAN DU			JURUSAN DV			JURUSAN DW			JURUSAN DX			JURUSAN DY			JURUSAN DZ			JURUSAN EA			JURUSAN EB			JURUSAN EC			JURUSAN ED			JURUSAN EE			JURUSAN EF			JURUSAN EG			JURUSAN EH			JURUSAN EI			JURUSAN EJ			JURUSAN EK			JURUSAN EL			JURUSAN EM			JURUSAN EN			JURUSAN EO			JURUSAN EP			JURUSAN EQ			JURUSAN ER			JURUSAN ES			JURUSAN ET			JURUSAN EU			JURUSAN EV			JURUSAN EW			JURUSAN EX			JURUSAN EY			JURUSAN EZ			JURUSAN FA			JURUSAN FB			JURUSAN FC			JURUSAN FD			JURUSAN FE			JURUSAN FG			JURUSAN FH			JURUSAN FI			JURUSAN FJ			JURUSAN FK			JURUSAN FL			JURUSAN FM			JURUSAN FN			JURUSAN FO			JURUSAN FP			JURUSAN FQ			JURUSAN FR			JURUSAN FS			JURUSAN FT			JURUSAN FU			JURUSAN FV			JURUSAN FW			JURUSAN FX			JURUSAN FY			JURUSAN FZ			JURUSAN GA			JURUSAN GB			JURUSAN GC			JURUSAN GD			JURUSAN GE			JURUSAN GF			JURUSAN GG			JURUSAN GH			JURUSAN GI			JURUSAN GJ			JURUSAN GK			JURUSAN GL			JURUSAN GM			JURUSAN GN			JURUSAN GO			JURUSAN GP			JURUSAN GQ			JURUSAN GR			JURUSAN GS			JURUSAN GT			JURUSAN GU			JURUSAN GV			JURUSAN GW			JURUSAN GX			JURUSAN GY			JURUSAN GZ			JURUSAN HA			JURUSAN HB			JURUSAN HC			JURUSAN HD			JURUSAN HE			JURUSAN HF			JURUSAN HG			JURUSAN HI			JURUSAN HJ			JURUSAN HK			JURUSAN HL			JURUSAN HM			JURUSAN HN			JURUSAN HO			JURUSAN HP			JURUSAN HQ			JURUSAN HR			JURUSAN HS			JURUSAN HT			JURUSAN HU			JURUSAN HV			JURUSAN HW			JURUSAN HX			JURUSAN HY			JURUSAN HZ			JURUSAN IA			JURUSAN IB			JURUSAN IC			JURUSAN ID			JURUSAN IE			JURUSAN IF			JURUSAN IG			JURUSAN IH			JURUSAN II			JURUSAN IJ			JURUSAN IK			JURUSAN IL			JURUSAN IM			JURUSAN IN			JURUSAN IO			JURUSAN IP			JURUSAN IQ			JURUSAN IR			JURUSAN IS			JURUSAN IT			JURUSAN IU			JURUSAN IV			JURUSAN IW			JURUSAN IX			JURUSAN IY			JURUSAN IZ			JURUSAN JA			JURUSAN JB			JURUSAN JC			JURUSAN JD			JURUSAN JE			JURUSAN JF			JURUSAN JG			JURUSAN JH			JURUSAN JI			JURUSAN JJ			JURUSAN JK			JURUSAN JL			JURUSAN JM			JURUSAN JN			JURUSAN JO			JURUSAN JP			JURUSAN JQ			JURUSAN JR			JURUSAN JS			JURUSAN JT			JURUSAN JU			JURUSAN JV			JURUSAN JW			JURUSAN JX			JURUSAN JY			JURUSAN JZ			JURUSAN KA			JURUSAN KB			JURUSAN KC			JURUSAN KD			JURUSAN KE			JURUSAN KF			JURUSAN KG			JURUSAN KH			JURUSAN KI			JURUSAN KJ			JURUSAN KL			JURUSAN KM			JURUSAN KN			JURUSAN KO			JURUSAN KP			JURUSAN KQ			JURUSAN KR			JURUSAN KS			JURUSAN KT			JURUSAN KU			JURUSAN KV			JURUSAN KW			JURUSAN KX			JURUSAN KY			JURUSAN KZ			JURUSAN LA			JURUSAN LB			JURUSAN LC			JURUSAN LD			JURUSAN LE			JURUSAN LF			JURUSAN LG			JURUSAN LH			JURUSAN LI			JURUSAN LJ			JURUSAN LK			JURUSAN LL			JURUSAN LM			JURUSAN LN			JURUSAN LO			JURUSAN LP			JURUSAN LQ			JURUSAN LR			JURUSAN LS			JURUSAN LT			JURUSAN LU			JURUSAN LV			JURUSAN LW			JURUSAN LX			JURUSAN LY			JURUSAN LZ			JURUSAN MA			JURUSAN MB			JURUSAN MC			JURUSAN MD			JURUSAN ME			JURUSAN MF			JURUSAN MG			JURUSAN MH			JURUSAN MI			JURUSAN MJ			JURUSAN MK			JURUSAN ML			JURUSAN MM			JURUSAN MN			JURUSAN MO			JURUSAN MP			JURUSAN MQ			JURUSAN MR			JURUSAN MS			JURUSAN MT			JURUSAN MU			JURUSAN MV			JURUSAN MW			JURUSAN MX			JURUSAN MY			JURUSAN MZ			JURUSAN NA			JURUSAN NB			JURUSAN NC			JURUSAN ND			JURUSAN NE			JURUSAN NF			JURUSAN NG			JURUSAN NH			JURUSAN NI			JURUSAN NJ			JURUSAN NK			JURUSAN NL			JURUSAN NM			JURUSAN NN			JURUSAN NO			JURUSAN NP			JURUSAN NQ			JURUSAN NR			JURUSAN NS			JURUSAN NT			JURUSAN NU			JURUSAN NV			JURUSAN NW			JURUSAN NX			JURUSAN NY			JURUSAN NZ			JURUSAN OA			JURUSAN OB			JURUSAN OC			JURUSAN OD			JURUSAN OE			JURUSAN OF			JURUSAN OG			JURUSAN OH			JURUSAN OI			JURUSAN OJ			JURUSAN OK			JURUSAN OL			JURUSAN OM			JURUSAN ON			JURUSAN OO			JURUSAN OP			JURUSAN OQ			JURUSAN OR			JURUSAN OS			JURUSAN OT			JURUSAN OU			JURUSAN OV			JURUSAN OW			JURUSAN OX			JURUSAN OY			JURUSAN OZ			JURUSAN PA			JURUSAN PB			JURUSAN PC			JURUSAN PD			JURUSAN PE			JURUSAN PF			JURUSAN PG			JURUSAN PH			JURUSAN PI			JURUSAN PJ			JURUSAN PK			JURUSAN PL			JURUSAN PM			JURUSAN PN			JURUSAN PO			JURUSAN PP			JURUSAN PQ			JURUSAN PR			JURUSAN PS			JURUSAN PT			JURUSAN PU			JURUSAN PV			JURUSAN PW			JURUSAN PX			JURUSAN PY			JURUSAN PZ			JURUSAN QA			JURUSAN QB			JURUSAN QC			JURUSAN QD			JURUSAN QE			JURUSAN QF			JURUSAN QG			JURUSAN QH			JURUSAN QI			JURUSAN QJ			JURUSAN QK			JURUSAN QL			JURUSAN QM			JURUSAN QN			JURUSAN QO			JURUSAN QP			JURUSAN QQ			JURUSAN QR			JURUSAN QS			JURUSAN QT			JURUSAN QU			JURUSAN QV			JURUSAN QW			JURUSAN QX			JURUSAN QY			JURUSAN QZ			JURUSAN RA			JURUSAN RB			JURUSAN RC			JURUSAN RD			JURUSAN RE			JURUSAN RF			JURUSAN RG			JURUSAN RH			JURUSAN RI			JURUSAN RJ			JURUSAN RK			JURUSAN RL			JURUSAN RM			JURUSAN RN			JURUSAN RO			JURUSAN RP			JURUSAN RQ			JURUSAN RR			JURUSAN RS			JURUSAN RT			JURUSAN RU			JURUSAN RV			JURUSAN RW			JURUSAN RX			JURUSAN RY			JURUSAN RZ			JURUSAN SA			JURUSAN SB			JURUSAN SC			JURUSAN SD			JURUSAN SE			JURUSAN SF			JURUSAN SG			JURUSAN SH			JURUSAN SI			JURUSAN SJ			JURUSAN SK			JURUSAN SL			JURUSAN SM			JURUSAN SN			JURUSAN SO			JURUSAN SP			JURUSAN SQ			JURUSAN SR			JURUSAN SS			JURUSAN ST			JURUSAN SU			JURUSAN SV			JURUSAN SW			JURUSAN SX			JURUSAN SY			JURUSAN SZ			JURUSAN TA			JURUSAN TB			JURUSAN TC			JURUSAN TD			JURUSAN TE			JURUSAN TF			JURUSAN TG			JURUSAN TH			JURUSAN TI			JURUSAN TJ			JURUSAN TK			JURUSAN TL			JURUSAN TM			JURUSAN TN			JURUSAN TO			JURUSAN TP			JURUSAN TQ			JURUSAN TR			JURUSAN TS			JURUSAN TU			JURUSAN TV			JURUSAN TW			JURUSAN TX			JURUSAN TY			JURUSAN TZ			JURUSAN UA			JURUSAN UB			JURUSAN UC			JURUSAN UD			JURUSAN UE			JURUSAN UF			JURUSAN UG			JURUSAN UH			JURUSAN UI			JURUSAN UJ			JURUSAN UK			JURUSAN UL			JURUSAN UM			JURUSAN UN			JURUSAN UO			JURUSAN UP			JURUSAN UQ			JURUSAN UR			JURUSAN US			JURUSAN UT			JURUSAN UV			JURUSAN UW			JURUSAN UX			JURUSAN UY			JURUSAN UZ			JURUSAN VA			JURUSAN VB			JURUSAN VC			JURUSAN VD			JURUSAN VE			JURUSAN VF			JURUSAN VG			JURUSAN VH			JURUSAN VI			JURUSAN VJ			JURUSAN VK			JURUSAN VL			JURUSAN VM			JURUSAN VN			JURUSAN VO			JURUSAN VP			JURUSAN VQ			JURUSAN VR			JURUSAN VS			JURUSAN VT			JURUSAN VU			JURUSAN VV			JURUSAN VW			JURUSAN VX			JURUSAN VY			JURUSAN VZ			JURUSAN WA			JURUSAN WB			JURUSAN WC			JURUSAN WD			JURUSAN WE			JURUSAN WF			JURUSAN WG			JURUSAN WH			JURUSAN WI			JURUSAN WJ			JURUSAN WK			JURUSAN WL			JURUSAN WM			JURUSAN WN			JURUSAN WO			JURUSAN WP			JURUSAN WQ			JURUSAN WR			JURUSAN WS			JURUSAN WT			JURUSAN WU			JURUSAN WV			JURUSAN WW			JURUSAN WX			JURUSAN WY			JURUSAN WZ			JURUSAN XA			JURUSAN XB			JURUSAN XC			JURUSAN XD			JURUSAN XE			JURUSAN XF			JURUSAN XG			JURUSAN XH			JURUSAN XI			JURUSAN XJ			JURUSAN XK			JURUSAN XL			JURUSAN XM			JURUSAN XN			JURUSAN XO			JURUSAN XP			JURUSAN XQ			JURUSAN XR			JURUSAN XS			JURUSAN XT			JURUSAN XU			JURUSAN XV			JURUSAN XW			JURUSAN XX			JURUSAN XY			JURUSAN XZ			JURUSAN YA			JURUSAN YB			JURUSAN YC			JURUSAN YD			JURUSAN YE			JURUSAN YF			JURUSAN YG			JURUSAN YH			JURUSAN YI			JURUSAN YJ			JURUSAN YK			JURUSAN YL			JURUSAN YM			JURUSAN YN			JURUSAN YO			JURUSAN YP			JURUSAN YQ			JURUSAN YR			JURUSAN YS			JURUSAN YT			JURUSAN YU			JURUSAN YV			JURUSAN YW			JURUSAN YX			JURUSAN YY			JURUSAN YZ			JURUSAN ZA			JURUSAN ZB			JURUSAN ZC			JURUSAN ZD			JURUSAN ZE			JURUSAN ZF			JURUSAN ZG			JURUSAN ZH			JURUSAN ZI			JURUSAN ZJ			JURUSAN ZK			JURUSAN ZL			JURUSAN ZM			JURUSAN ZN			JURUSAN ZO			JURUSAN ZP			JURUSAN ZQ			JURUSAN ZR			JURUSAN ZS			JURUSAN ZT			JURUSAN ZU			JURUSAN ZV			JURUSAN ZW			JURUSAN ZX			JURUSAN ZY			JURUSAN ZZ		
							GASD TRAFOD				TOL				JAM				JURUSAN A				JURUSAN B				JURUSAN C				JURUSAN D				JURUSAN E				JURUSAN F				JURUSAN G				JURUSAN H				JURUSAN I				JURUSAN J				JURUSAN K				JURUSAN L				JURUSAN M				JURUSAN N				JURUSAN O				JURUSAN P				JURUSAN Q				JURUSAN R				JURUSAN S				JURUSAN T				JURUSAN U				JURUSAN V				JURUSAN W				JURUSAN X				JURUSAN Y				JURUSAN Z				JURUSAN AA				JURUSAN AB				JURUSAN AC				JURUSAN AD				JURUSAN AE				JURUSAN AF				JURUSAN AG				JURUSAN AH				JURUSAN AI				JURUSAN AJ				JURUSAN AK				JURUSAN AL				JURUSAN AM				JURUSAN AN				JURUSAN AO				JURUSAN AP				JURUSAN AQ				JURUSAN AR				JURUSAN AS				JURUSAN AT				JURUSAN AU				JURUSAN AV				JURUSAN AW				JURUSAN AX				JURUSAN AY				JURUSAN AZ				JURUSAN BA				JURUSAN BB				JURUSAN BC				JURUSAN BD				JURUSAN BE				JURUSAN BF				JURUSAN BG				JURUSAN BH				JURUSAN BI				JURUSAN BJ				JURUSAN BK				JURUSAN BL				JURUSAN BM				JURUSAN BN				JURUSAN BO				JURUSAN BP				JURUSAN BQ				JURUSAN BR				JURUSAN BS				JURUSAN BT				JURUSAN BU				JURUSAN BV				JURUSAN BW				JURUSAN BX				JURUSAN BY				JURUSAN BZ				JURUSAN CA				JURUSAN CB				JURUSAN CC				JURUSAN CD				JURUSAN CE				JURUSAN CF				JURUSAN CG				JURUSAN CH				JURUSAN CI				JURUSAN CJ				JURUSAN CK				JURUSAN CL				JURUSAN CM				JURUSAN CN				JURUSAN CO				JURUSAN CP				JURUSAN CQ				JURUSAN CR				JURUSAN CS				JURUSAN CT				JURUSAN CU				JURUSAN CV				JURUSAN CW				JURUSAN CX				JURUSAN CY				JURUSAN CZ				JURUSAN DA				JURUSAN DB				JURUSAN DC				JURUSAN DD				JURUSAN DE				JURUSAN DF				JURUSAN DG				JURUSAN DH				JURUSAN DI				JURUSAN DJ				JURUSAN DK				JURUSAN DL				JURUSAN DM				JURUSAN DN				JURUSAN DO				JURUSAN DP				JURUSAN DQ				JURUSAN DR				JURUSAN DS				JURUSAN DT				JURUSAN DU				JURUSAN DV				JURUSAN DW				JURUSAN DX				JURUSAN DY				JURUSAN DZ				JURUSAN EA				JURUSAN EB				JURUSAN EC				JURUSAN ED				JURUSAN EE				JURUSAN EF				JURUSAN EG				JURUSAN EH				JURUSAN EI				JURUSAN EJ				JURUSAN EK				JURUSAN EL				JURUSAN EM				JURUSAN EN				JURUSAN EO				JURUSAN EP				JURUSAN EQ				JURUSAN ER				JURUSAN ES				JURUSAN ET				JURUSAN EU				JURUSAN EV				JURUSAN EW				JURUSAN EX				JURUSAN EY				JURUSAN EZ				JURUSAN FA				JURUSAN FB				JURUSAN FC				JURUSAN FD				JURUSAN FE				JURUSAN FG				JURUSAN FH				JURUSAN FI				JURUSAN FJ				JURUSAN FK				JURUSAN FL				JURUSAN FM				JURUSAN FN				JURUSAN FO				JURUSAN FP				JURUSAN FQ				JURUSAN FR				JURUSAN FS				JURUSAN FT				JURUSAN FU				JURUSAN FV				JURUSAN FW				JURUSAN FX				JURUSAN FY				JURUSAN FZ				JURUSAN GA				JURUSAN GB				JURUSAN GC				JURUSAN GD				JURUSAN GE				JURUSAN GF				JURUSAN GG				JURUSAN GH				JURUSAN GI				JURUSAN GJ				JURUSAN GK				JURUSAN GL				JURUSAN GM				JURUSAN GN				JURUSAN GO				JURUSAN GP				JURUSAN GQ				JURUSAN GR				JURUSAN GS				JURUSAN GT				JURUSAN GU				JURUSAN GV				JURUSAN GW				JURUSAN GX				JURUSAN GY				JURUSAN GZ				JURUSAN HA				JURUSAN HB				JURUSAN HC				JURUSAN HD				JURUSAN HE				JURUSAN HF				JURUSAN HG				JURUSAN HI				JURUSAN HJ				JURUSAN HK				JURUSAN HL				JURUSAN HM				JURUSAN HN				JURUSAN HO				JURUSAN HP				JURUSAN HQ				JURUSAN HR				JURUSAN HS				JURUSAN HT				JURUSAN HU				JURUSAN HV				JURUSAN HW				JURUSAN HX				JURUSAN HY				JURUSAN HZ				JURUSAN IA				JURUSAN IB																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										



PT PLN (PERSERO)  
PLANTATAN KANTAN TAWAR  
SEKSI KANTAN

RENCANA DAYA MAMPU PEMBANGKIT PER SUB UNIT PUSAT LISTRIK  
BERLAKU DARI 01 s/d 30 APRIL 2010

SATUAN UNIT PEMBANGKIT	DAYA TPS (KW)	DAYA MAMPU SIANG (KW) PER TANGGAL																DM MALAM	KETERANGAN
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
PLTGU TALUNG BATU GT-1 GT-2 GT-3 MENAKAS GT-3	60.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	55.000	
	20.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	20.000	
	20.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	20.000	
	20.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	20.000	
	20.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	18.000	20.000	
PLTD KARANG ASAM Unit 1 Unit 2 Unit 3 Unit 4 Unit 5	38.380	14.800	20.300	17.200	20.300	17.200	20.300	17.200	20.300	17.200	20.300	17.200	20.300	17.200	20.300	17.200	20.300	27.500	
	4.440	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
	4.440	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
	4.440	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
	4.440	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
PLTD KELEDANG Unit 1 Unit 2 Unit 3 Unit 4 Unit 5	40.036	20.000	15.000	18.000	20.000	15.000	20.000	15.000	20.000	15.000	20.000	15.000	20.000	15.000	20.000	15.000	20.000	23.500	
	5.218	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
	5.218	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
	5.218	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
	5.218	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.300	
PLTD GUNUNG MALANG Unit 1 Unit 2 Unit 3 Unit 4 Unit 5	20.000	9.000	12.000	9.000	12.000	9.000	12.000	9.000	12.000	9.000	12.000	9.000	12.000	9.000	12.000	9.000	12.000	18.700	
	4.940	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.300	
	4.940	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.300	
	4.940	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.300	
	4.940	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.300	
PLTD BATAKAR Unit 1 Unit 2 Unit 3 Unit 4 Unit 5	19.200	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	
	6.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	
	6.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	
	6.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	
	6.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	
PLTD PENKOT BPP PLTD KALITEX EMERGI PLTD KALITEX EMERGI 3 LOARAYA KUKAP TOTAL DAYA MESIN BEWIA TOTAL DAYA SISI SUD TOTAL DAYA SISI SUD TOTAL DAYA SISI SUD TOTAL DAYA SISI SUD	12.600	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
	4.500	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
	4.500	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
	4.500	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
	4.500	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	
TOTAL DAYA SISI SUD TOTAL DAYA SISI SUD TOTAL DAYA SISI SUD TOTAL DAYA SISI SUD TOTAL DAYA SISI SUD	138.366	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	87.300	126.400	
	43.260	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	25.800	
	43.260	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	25.800	
	43.260	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	25.800	
	43.260	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	25.800	

CATATAN :  
1. Agak di tingkatkan di Cerdikman PLTD & PLTD  
2. Agak di tingkatkan di Cerdikman PLTD & PLTD  
3. Agak di tingkatkan di Cerdikman PLTD & PLTD  
4. Agak di tingkatkan di Cerdikman PLTD & PLTD  
5. Agak di tingkatkan di Cerdikman PLTD & PLTD  
6. Agak di tingkatkan di Cerdikman PLTD & PLTD



PT. PUSAKA SILEKAPOLINDO TAMBORA  
SEKSION MANAJEMEN

SATUAN UNIT PEMBANGKIT	DAYA TPE (KW)	DAYA MAMPU SIANG (KW) PER TANGGAL															DM MALAM	KETERANGAN
		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
PLTD TANJUNG BATU	60.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	52.000	55.000	Jam Kerja Mesin Tinggi
GT-1	20.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	20.000	
GT-2	20.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	19.000	20.000	
BT	20.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	4.000	16.000	
MEKARAS	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	
GT-3	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	Jam Kerja Mesin Tinggi
PLTD KARANG ASAM	39.350	11.100	14.000	18.000	20.300	20.300	14.800	17.200	20.300	20.300	17.200	20.300	11.700	17.500	17.500	27.600		
Unit 1	4.040	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.200		
Unit 2	4.040	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.200		
Unit 3	4.040	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.200		
Unit 4	4.040	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.200	Jam Kerja Mesin Tinggi	
Unit 5	4.040	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.200		
Unit 6	4.000	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100	3.200		
Unit 7	7.600	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.700		
Unit 8	7.600	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.700		
PLTD KELEDANG	40.136	15.000	16.000	20.200	23.500	23.500	20.200	20.200	20.200	20.200	20.200	23.500	23.500	20.200	20.200	20.200	23.500	Jam Kerja Mesin Tinggi
Unit 1	5.218	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200		
Unit 2	5.218	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200		
Unit 3	5.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200		
Unit 4	5.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200	3.200		
Unit 5	6.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	Jam Kerja Mesin Tinggi	
Unit 6	6.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
Unit 7	8.400	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.700		
Unit 8	8.400	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.500	5.700		
PLTD GUNUNG MALANG	24.080	9.000	12.000	12.000	12.000	12.000	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000	12.000	12.000	9.000	12.000	12.000		Jam Kerja Mesin Tinggi
Unit 1	4.040	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
Unit 2	4.040	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
Unit 3	4.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
Unit 4	4.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
Unit 5	4.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	Jam Kerja Mesin Tinggi	
Unit 6	4.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000		
Unit 7	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100		
Unit 8	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
PLTD BATAKAN	18.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200		Jam Kerja Mesin Tinggi
Unit 1	5.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
Unit 2	5.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
Unit 3	5.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
Unit 4	5.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
Unit 5	5.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	Jam Kerja Mesin Tinggi	
Unit 6	5.400	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
Unit 7	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100	7.100		
Unit 8	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300	3.300		
PLTD PENKOT BPP	12.800	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200	1.200		Jam Kerja Mesin Tinggi
PLTD KALITEX ENERGI	14.500	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300	13.300		
PLTD KALITEX ENERGI 3	10.500	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200	10.200		
LOARAYA KUKAR	13.100	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000		
TOTAL DAYA MESIN SEWA	70.400	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500	52.500		
TOTAL DAYA 50% SMC	136.396	78.700	84.100	87.100	85.800	85.800	87.100	87.100	87.100	87.100	87.100	85.800	85.800	84.100	84.100	84.100	Jam Kerja Mesin Tinggi	
TOTAL DAYA 50% BPP	43.280	12.300	18.100	18.100	18.100	18.100	12.300	12.300	12.300	12.300	12.300	18.100	18.100	12.300	12.300	12.300		
TOTAL DAYA SMK	253.076	143.600	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700		
TOTAL DAYA SMK	253.076	143.600	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700		
TOTAL DAYA SMK	253.076	143.600	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700	155.700		

CATATAN :  
1. Agar di sertakan di Control room PLTD A & PLTD B  
2. Agar di sertakan sesuai daya mampu PLTD A & PLTD B  
3. Kalau pertambahan lebih sesuai daya mampu karena akan di berikan apa penyediaan  
4. Selama Jam Kerja Mesin Tinggi, di berikan dan Memberi Kondisi Pabrik  
5. Jaga dan Kebersihan di Lapangan sekitar PLTD B  
6. Jaga dan Kebersihan di Lapangan sekitar PLTD A

AN. MANAJER  
ASMAN PERENCANAAN  
ERY SUGENG, ST.



DATA TEKNIK MESIN PEMBANGKIT DI PLTD KELEDANG  
TAHUN 2010

NO	URAIAN	STN	NOMOR UNIT						
			1	2	3	4	5	6	7
1	MESIN		MIRREES BLACKSTONE	MIRREES BLACKSTONE	NKK SEMT PIELSTICK	NKK SEMT PIELSTICK	CCM SULZER	CCM SULZER	CCM SULZER
	MERK		KV 12 M	KV 12 M	PC 25 V	PC 25 V	12 ZV 40/48	12 ZV 40/48	12 ZV 40/48
	TYPE		V	V	V	V	V	V	V
	MODEL		6942-1	6942-2	121	122	740025	101541-552	101553-564
	NO. SERI	thn	1985	1985	1988	1988	1988	1988	1988
	PEMBUATAN	thn	1987	1987	1988	1988	1990	1990	1990
	OPERASI	kW	5.218	5.218	5.200	5.200	6.400	6.400	8.400
	DAYA	PS			7.288	7.288			
	OUTPUT								
	RPM	rpm	600	600	500	500	600	600	600
	BORE / STROKE	mm	381 / 457.2	381 / 457.2	400 / 460	400 / 460	400 / 480	400 / 480	400 / 480
	JUMLAH CYL	bn	12	12	12	12	12	12	12
	CYL. CAPACITY	cm <sup>3</sup>	57.142	57.142					
	SWEEP VOLUME	cm <sup>3</sup>	52.111	52.111					
	CLEARANCE VOLUME	cm <sup>3</sup>	5.031	5.031					
	DISPLACEMENT VOLUME	cm <sup>3</sup>	52.146	52.146					
	RASIO KOMPRESI		11.31 : 1	11.31 : 1					
	TEKANAN KOMPRESI	bar	27.2 - 29.3	27.2 - 29.3					
	FIRING PRESSURE	kg/cm <sup>2</sup>							
	FIRING ORDER		B1-A1 B3-A3 B5-A5 B6-A6 B4-A4 B2-A2	B1-A1 B3-A3 B5-A5 B6-A6 B4-A4 B2-A2	1-7-3-8-5-11 6-12-4-10-2-9	1-7-3-9-5-11 6-12-4-10-2-8	6L 6R 3L 3R 2L 2R 1L 1R 4L 4R 5L 5R	6L 6R 3L 3R 2L 2R 1L 1R 4L 4R 5L 5R	6L 6R 3L 3R 2L 2R 1L 1R 4L 4R 5L 5R
	MEAN EFFECTIVE PRESSURE	bar	19	19	1	1	0.6 / 0.8	0.6 / 0.8	0.6 / 0.8
	VALVE CLEARANCE	mm	0.8 / 2.2	0.8 / 2.2	240	240	320	320	320
	FUEL INJECTION SETTING PRES	bar	203	203					

DATA TEKNIK MESIN PEMBANGKIT DI PLTD KELEDANG  
TAHUN 2010

NO	URAIAN	STN	NOMOR UNIT						
2	GENERATOR		1	2	3	4	5	6	7
	MERK		BRUSH	BRUSH	FUJI ELECTRIC	FUJI ELECTRIC	ALSTHOM	ALSTHOM	ALSTHOM
	OUTPUT	KVA	6522,5	6522,5	6500	6500	8000	8000	8000
	TYPE				GF 4535 T-05	GF 4535 T-05	RP 236-66	RP 236-66	RP 236-68
	RPM	rpm	600	600	500	500	600	600	600
	VOLTAGE	V	6300	6300	6300	6300	6300	6300	6300
	CURRENT	A	697,7	597,7	596	596	733	733	733
	EXC. VOLT	V	97,5	4 / 5	110	110	58	58	58
	EXC. AMPERE	A	324	324	440	440	856	856	858
	PHASE		3	3	3	3	3	3	3
	FREKUENSI		50	50	50	50	50	50	50
	PHASE CONNECTED		STAR	STAR			STAR	STAR	STAR
	FRAME NO.		BASM 140.72/10	BASM 140.72/10	RULE JEC114	RULE JEC114	412653	412918	412920
	MACHINE NO.		34902 A 17 G	34903 A 16 G	KE 10810L1-1	KE 10810L1-1	CONTINUE	CONTINUE	CONTINUE
	RATING		CONTINUE	CONTINUE	CONTINUE	CONTINUE			
	SPECIFICATION		BS 5000 PT.3	BS 5000 PT.3					
	TEMP. AMBEIEN	°C	45	45	40	40			
	ALTITUDE	M	50	50					
	ROTOR INSULATED		F	F	F	F	F	F	F
	STATOR INSULATED		F	F	F	F	F	F	F
	POWER FACTOR		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	DATE		1985	1985	1988	1988	1990	1990	1990
	PROTECTION				JP 20	JP 20	IP 23 CEI 34.5	IP 23 CEI 34.5	IP 23 CEI 34.5
	HEATER								
	COOLING				JCO	JCO			
	TEMP. RISE	KW			ST80C/RT80C	ST80C/RT90C			

DATA TEKNIK MESIN PEMBANGKIT DI PLTD KELEDANG  
TAHUN 2010

NO	URAIAN	STN	NOMOR UNIT						
			1	2	3	4	5	6	7
	Nominal Current								
	Primer	A	57,7	57,7	17,32	17,32	11,5		
	Secondary	A	909	909	911,6	911,6	577,4		
	Primary Terminal U, V, W								
	Voltage 1	V						22000	
	Voltage 2	V						21000	
	Voltage 3	V						20000	
	Voltage 4	V						19000	
	Voltage 5	V						18000	
	Current 1	A						26,2	
	Current 2	A						27,4	
	Current 3	A						28,8	
	Current 4	A						30,3	
	Current 5	A						32,0	
	Connection 1							1 - 4, 9 - 10, 15 - 16	
	Connection 2							2 - 4, 8 - 10, 14 - 16	
	Connection 3							2 - 5, 8 - 11, 14 - 17	
	Connection 4							4 - 5, 7 - 11, 13 - 17	
	Connection 5							1 - 6, 7 - 12, 13 - 18	
	Secondary								
	Voltage / Terminal	V						389 / U, V, W	
	Current	A						231 / U, O, V, O, W, O	
	Daya Nominal							1446	
	Primer		630	630	600	600	400		
	Secondary		630	630	600	600	400		



DATA TEKNIK MESIN PEMBANGKIT DI PLTD KELEDANG  
TAHUN 2010

NO.	URAIAN	STN	NOMOR UNIT						
			1	2	3	4	5	6	7
	Secondary 1	V	6300	6300	21000	21000	6300 / 733 A	6300 / 733 A	6300 / 733 A
	Secondary 2				20500	20500			
	Secondary 3				20000	20000			
	Secondary 4				19500	19500			
	Secondary 5				19000	19000			
	Nominal Current								
	Primary	Amp	178,7	178,7	595,68	595,68	231	231	231
	Secondary	Amp	595,7	595,7	187,64	187,64	733	733	733
	Weight								
	Tank	kg	9300	9300	9550	9550	10900	10900	10900
	Oil	kg	2700	2700	3250	3250	2850	2850	2850
	Total	kg	12000	12000	12800	12800	13750	13750	13750
	Type of Oil		Diala B	Diala B	Diala B	Diala B	Diala B	Diala B	Diala B
	Terminal ABCN								
	Primary						8 MVA	8 MVA	8 MVA
	Secondary						20 kV	20 kV	20 kV
	Terminal abc								
	Primary						8 MVA	8 MVA	8 MVA
	Secondary						6,3 kV	6,3 kV	6,3 kV

DATA TEKNIK MESIN PEMBANGKIT DI PLTD KELEDANG  
TAHUN 2010

NO	URAIAN	STN	NOMOR UNIT						
			1	2	3	4	5	6	7
5	<b>TRAFO STEP-UP</b>								
	MERK		UNINDO	UNINDO	UNINDO	UNINDO	UNINDO	UNINDO	UNINDO
	TYPE		TTUB.21-6500	TTUB.21-6500	TTUB.20-6500	TTUB.20-6500	TTUB.20-8000	TTUB.20-8000	TTUB.20-8000
	NO.SERIE		A.8521017-23	A.8521017-22	A.882055-01	A.882055-02	A.892069-02	A.9020100-1	A.9020100-2
	PHASE		3	3	3	3	3	3	3
	FREKUENSI	Hz	50	50	50	50	50	50	50
	INSULATION LEVEL		IEC.76PBU24 / 7,2 kV	IEC.76PBU24 / 7,2 kV	IEC.76PBU24 / 7,2 kV	IEC.76PBU24 / 7,2 kV	IEC.PUB.1976	IEC.PUB.1976	IEC.PUB.1976
	TEMP. RISE OIL	°C	65	65	65	65	60	60	60
	TEMP. RISE WINDING						65	65	65
	TYPE COOLING						ONAN	ONAN	ONAN
	TAP CHANGER TYPE						OFF LOAD	OFF LOAD	OFF LOAD
	CONNECTION						STAR / DELTA	STAR / DELTA	STAR / DELTA
	MANUFACTURE		1985	1985	1988	1988	1988	1990	1990
	NOMINAL RATING	kVA	6500	6500	6500	6500	8000	8000	8000
	COUPLING		YnD5	YnD5	YnD5	YnD5	YnD5	YnD5	YnD5
	IMPEDANCE VOLT	%	7,5	7,5	7,67	7,67	7,3	7,3	7,3
	<b>Nominal Voltage</b>								
	Primary 1	V	21000	21000			22000 / 210 A	22000 / 210 A	22000 / 210 A
	Primary 2						21000 / 220 A	21000 / 220 A	21000 / 220 A
	Primary 3						20000 / 231 A	20000 / 231 A	20000 / 231 A
	Primary 4						19000 / 243 A	19000 / 243 A	19000 / 243 A
	Primary 5						18000 / 256 A	18000 / 256 A	18000 / 256 A

DATA TEKNIK MESIN PEMBANGKIT DI PLTD KELEDANG  
TAHUN 2010

NO	URAIAN	STN	NOMOR UNIT						
			1	2	3	4	5	6	7
6	<u>TRAFO AUXILIARY</u>								
	MERK		UNINDO	UNINDO	UNINDO	UNINDO	UNINDO	TAKAOKA ELECTRIC MFG CO .LTD. JAPAN	
	NO. SERI		32062	32096	38643	38644	800.26	794438	
	PHASE		3	3	3	3	3	3	
	FREQUENCY	Hz	50	50	50	50	50	50	
	INSULATION LEVEL		IEC76/SPLN0-50	IEC76/SPLN0-50	IEC76/SPLN0-50	IEC76/SPLN0-50	IEC76/SPLN0-50	CLASS 20A (PRIMER) A.C TEST 400 V (SECONDARY)	
	MANUFACTURE	THN	1988	1988	1988	1988	1979	1979	
	NOMINAL RATING	KVA	630	630	600	600	400	20 kV (Primer ) 399 / 231 V (Secondary)	
	COUPLING	%	Ynd 5	Ynd 5	Ynd 5	Ynd 5	Ynd 5		
	TEMP. RISE	°C	4	4	4	4	4	5	
	Nominal Voltage							50	
	Primer 1	V	6615	6615	21000	21000	21000		
	Primer 2	V	6457	6457	20500	20500	20500		
	Primer 3	V	6300	6300	20000	20000	20000		
	Primer 4	V	6142	6142	19500	19500	19500		
	Primer 5	V	5985	5985	19000	19000	19000		
	Secondary 1	V							
	Secondary 2	V							
	Secondary 3	V							
	Secondary 4	V	400	400	380	380	380		
	Secondary 5	V							



DATA TEKNIK MESIN PEMBANGKIT DI PLTD KELEDANG  
TAHUN 2010

NO	URAIAN	STN	NOMOR UNIT						
			1	2	3	4	5	6	7
7	TINGKAT ISO_LASI DASAR	kV	60	60	60	60	125		
	Kemampuan Suhu								
	Minyak	°C			60	60	60		
	Kumparan	°C			65	65	65		
	Weight								
	Oil	Kg	375	375	400	400	330	1430 (L)	
	Total	Kg	1700	1700	1700	1700	1450	4500	
	Type of Oil		Diala B	Diala B	Diala B	Diala B	Diala B	Diala B	
	<u>7 TRAF0 BLACK START</u>								
	MERK		TRAFINDO						
	NO.SERIE		PERKASA						
	PHASE		8730060						
	FREQUENCY	HZ	3						
	STANDARD IEC		50						
	NOMINAL RATING	KVA	IEC 78						
	MANUFACTURE		315						
	AMP. HV		1987						
	AMP. LV		9.09						
	VOLT. HV		454.7						
	VOLT. LV		20000						
	TYPE OF COOLING		400						
	VEKTOR GROUP		ONAN						
	OIL	Ltr	Ynd 5						
	WEIGHT	Kg	420						
			1600						

---